

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA Y MEDICINA FÍSICA



TESIS DOCTORAL

**Métricas en el control de calidad individualizado de técnicas
volumétricas y su aplicación a la patología de próstata**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Francisco Clemente Gutiérrez

DIRECTORES

José F. Pérez-Regadera Gómez
Concepción López Carrizosa

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Radiología y Medicina Física



**MÉTRICAS EN EL CONTROL DE CALIDAD
INDIVIDUALIZADO DE TÉCNICAS VOLUMÉTRICAS Y
SU APLICACIÓN A LA PATOLOGÍA DE PRÓSTATA**

**MEMORIA DE TESIS PRESENTADA PARA
OPTAR AL GRADO DE DOCTOR POR**

Francisco Clemente Gutiérrez

Bajo la dirección de los Doctores:
José F. Pérez-Regadera Gómez
Concepción López Carrizosa

Madrid, 2015

*A María, a Carlos
y a toda mi Familia*

Agradecimientos

Este será, en muchos casos, el primer (y, a veces, único) apartado consultado de la tesis. Parece que ahora, por fin, culmina una dedicación que comenzó prácticamente al finalizar la carrera, hace ya más de diez años. Por esta razón, espero no olvidar a ninguna de las personas que han participado de una forma u otra en la consecución de la misma.

En primer lugar, me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a los Doctores José Pérez-Regadera y Concha López Carrizosa, por la confianza depositada en mí desde el primer momento, tanto en lo profesional, como en lo personal. La posibilidad de trabajar conjuntamente en este trabajo no ha sido sino otra forma de asentar la amistad que nos une desde hace ya unos cuantos años.

Me gustaría agradecer, igualmente, a los grupos del CIEMAT y el CSIC en los que tuve la oportunidad de iniciar la experiencia investigadora, especialmente a Mary Cruz Fouz, del primero, por confiar en la finalización de la tesina en su momento.

En 2008 tuve la inmensa suerte de recalar en un hospital tras aprobar el RFIR, gracias a lo cuál pude introducirme en este mundo de la física médica y la radioterapia. Me gustaría, por ello, expresar mi gratitud a todos los miembros de los Servicios de Radiofísica y Oncología Radioterápica del Hospital Universitario Doce de Octubre, especialmente a Eduardo Cabello, por toda la confianza y oportunidades que me ha ofrecido desde que nos conocimos. Gracias a Luis Carlos Martínez y César Rodríguez por sus siempre acertados comentarios y críticas constructivas. Sé que sin todos ellos este trabajo hubiera sido, si no imposible, altamente improbable.

Gracias a todos mis compañeros del Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital Central de la Defensa “Gómez Ulla”, tanto a los médicos, como a los técnicos y enfermeras. Mención especial merecen los físicos. Gracias a Marcelino Prieto y, especialmente, a Consuelo Pérez por todo desde que tuve la oportunidad de llegar a este Servicio, desde la confianza profesional, al cariño personal. Más aún, agradecer a Consuelo el respaldo brindado en todos los ámbitos, gracias al cuál este trabajo ha podido ser concluído.

Finalmente, sólo me queda dar las gracias a las personas que más me han apoyado y más me han sufrido en todo este tiempo. Gracias a mis padres, Paco e Isabel, por haberme dado la educación, inquietud, oportunidad y libertad para ser lo que soy a día de hoy. Gracias a mi hermana Marga por haberme enseñado, entre otros millones

de cosas, la fortaleza necesaria para finalizar esto. Gracias a mi tía Marga por haber sido un constante apoyo en cualquier empresa que haya comenzado en mi vida. Por supuesto, gracias a todos mis amigos por entender cuando sí y cuando no he podido estar por culpa de la dedicación a este trabajo, especialmente a Héctor. Por encima de todo, no sólo por ser el apoyo más importante de mi vida, sino la persona más importante de la misma, gracias a mi mujer, María. Has sufrido más que nadie el tiempo que os he robado a todos por culpa de este trabajo, has estado conmigo desde el primer momento cuando te dije que quería concluir esta etapa, abierta desde hace muchos años, y me has ayudado con tu esfuerzo, tu compañía y tu tiempo a concluirlo. Gracias por ser como eres, gracias por absolutamente todo.

Por último, esta tesis está dedicada a tí, a la personita que está a punto de cambiar nuestras vidas, y a la que ya le he robado tiempo incluso antes de nacer. A nuestro hijo Carlos.

Summary

I. INTRODUCTION AND AIMS

I.1. Introduction to volumetric techniques

People treated with radiation therapy techniques are about 6 million over the world. The main aim of radiation therapy is to deliver an accurate amount of radiation to a target volume (tumor), reducing the dose on the surrounding normal tissues. Development of modern medical imaging techniques, as computed tomography (CT) imaging, combined with collimation technologies, such multileaf collimator (MLC) systems, have allowed the introduction of 3D conformal radiation therapy (3DCRT). However, several locations, as head and neck or prostate, demand concave dose distributions in order to spare normal tissues. Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) techniques deliver a non-uniform fluence, resulting in dose distributions with a high degree of dose conformity. Traditional IMRT modalities use fixed gantry positions, with multiple static (*step-and-shoot*) and dynamic (*sliding window*) beams.

Rotational IMRT delivery was firstly proposed in 1995 as intensity-modulated arc therapy (IMAT), combining dynamic MLC and gantry movement. Nevertheless, several overlapped arcs were needed in order to obtain highly conformed dose distributions, such those resulting from traditional IMRT techniques. Improvements in the performance of MLC systems, together with rotational capabilities recently implemented in conventional linacs, have made possible the development of volumetric-modulated arc therapy (VMAT). MLC, gantry speed and angle, and dose rate are continuously modified during the treatment, treating the whole target volume in each gantry rotation (volumetric delivery). This kind of modulated technique leads to improve significantly treatment times compared to traditional IMRT modalities. In addition, the amount of monitor units (MU) in VMAT delivery is reduced, resulting in an improved efficiency compared with traditional IMRT. However, the synchronization of all variable parameters raises the complexity in VMAT treatment delivery from conventional IMRT techniques, leading to increase the efforts in quality assurance (QA) programs.

I.2. Quality assurance of modulated techniques

Independent verification of the treatment planning system (TPS) calculations is an essential part of the QA process in radiation therapy. This verification is traditionally based on manual MU calculation methods for 3DCRT treatments. The complexity present in the modulated treatments requires an introduction of a comprehensive quality assurance program aimed at its implementation. Such QA routines must take into account two approaches. On the one hand, an independent verification of the TPS dose calculations should be carried out. One way to fulfill this requirement consists of the application of Monte Carlo calculations for the independent verification of the treatment plan. The main limitation in the application of these techniques is the calculation time. Other solutions are based on simpler algorithms, like modified Clarkson methods and extensions with the inclusion of head scatter. In addition, the pretreatment QA measurement-based process must be considered to ensure the correct information flow from TPS plan calculation to treatment delivery in the linac by means of the record and verify system (R&V). The usual method to perform this QA consists of comparing dose distribution measurements acquired with phantoms/detectors of regular geometries with TPS calculations made under the same conditions. Volumetric treatments have incorporated specifically developed solutions for these techniques. Dose distribution comparisons tend to involve gamma index-based analyses. Several studies have shown tolerances and action levels in the IMRT treatment verifications by means of the previous methods.

The current clinical research related to the verification and QA in IMRT treatment delivery, however, has introduced a fundamental issue. Commercial solutions for redundant verifications in modulated treatments have usually assumed simple situations, like homogeneous geometries or single-point calculations, which are results with no clinical relevance. Likewise, the results derived from the usual individualized pretreatment QA tools have not been related with clinically relevant dosimetric errors on patient dose delivery. The results of the measurements and analyses performed in pretreatment IMRT QA must be suitably correlated with implications of possible mistakes during TPS calculations and real treatment delivery on the basis of new clinically relevant metrics. The background to set up these metrics must be the patient dose estimation from typical QA measurements. If the reconstructed dose on patient CT could be performed from measurements, then clinically relevant parameters, such as dose-volume histograms (DVH), could be extracted. In addition, redundant calculations must be considered in the same scope. Recently, new systems that allow setting the acceptance criteria for modulated treatments from DVH-based metrics have been introduced. These solutions are further necessary in VMAT QA, where the synchronization of all variable parameters raises the complexity in treatment delivery from traditional IMRT techniques. Two-dimensional (2D) ion chamber arrays, together with the suitable accessories, are adequate tools to extract as much information as possible from dynamic treatments.

The quality of an RT plan has been traditionally judged by dose - volume para-

meters rather than biological ones; however, dose-volume criteria should be replaced (or at least complemented) by biological indices. Recently, this issue has been also expressed by reference reports. Radiobiological data and response parameters such as generalized equivalent uniform dose (gEUD), tumor control probability (TCP) or normal tissue complication probability (NTCP) can be obtained from DVH information. Hence, radiobiological metrics can be incorporated into individualized pretreatment QA process.

I.3. Prostate cancer and radiation therapy treatments

In order to classify the usual risk groups for prostate cancer, National Comprehensive Cancer Network (NCCN) recommendations lead to three groups: high-, intermediate- and low-risk patients (depending on TNM, Gleason and PSA). Prostate gland, seminal vesicles and pelvic lymph nodes were treated in high-risk patients; prostate gland and seminal vesicles were the targets for intermediate-risk cases; and prostate volume was the single target for low-risk staging. Organs at risk (OARs) usually contoured in prostate treatments are rectum, bladder, femoral heads, bulb of penis and small bowel. Dose constraints for this OARs are taken from QUANTEC recommendations. Surgical bed following prostatectomy is also treated with external beam therapy, with the same criteria for OARs.

Radiation therapy for prostate cancer has substantially evolved during the last years. Dose escalation improves disease control, at the expense of an increment in toxicity. Modulated techniques can reduce toxicity by optimizing treatment conformation. Hypofractionated schemes are suitable in prostate treatment because of the low α/β ratio for the prostate gland. Hypofractionated plans delivered with IMRT techniques lead to extended treatment times compared to traditional techniques. VMAT has been developed due to rotational capabilities recently implemented in conventional linacs. Treatment times are noticeably reduced within this new paradigm, making VMAT a powerful tool for hypofractionated prostate treatments.

I.4. Aims of this study

VMAT is a recently introduced technique in clinical practice. Special features of this treatment modality lead to a complex and complete patient-specific QA program. This study describes the validation and clinical implementation of several metrics applied to patient-specific QA procedures at Hospital Central de la Defensa “Gómez Ulla” (HCDGU). In addition, these metrics have been applied to a sample of 100 prostate patients, from different staging, treated with VMAT.

- The starting point has consisted on the commissioning of VMAT technique. Several tests and procedures applied to the initial commissioning process have been described, regarding to linac and TPS. Prostate patients sample has been introduced, evaluating the quality of these treatments by means of dosimetric and administrative parameters.

- Taking as reference the traditional IMRT QA paradigm, these procedures have been extended to patient-specific QA of VMAT treatments. The feasibility of a 2D ion chamber array, with several arrangements, applied to VMAT QA has been studied. The assumption is based on the array capability applied to VMAT QA by means of classical metrics taken from traditional IMRT paradigm, using additional attachments. Finally, this procedure has been applied to paradigmatic prostate case.
- However, as *Introduction* has shown, QA process should be based in clinically relevant metrics. The aim of this section has been oriented to validation, clinical implementation and comparison of two 3D dose verification systems that allow determining the dose distributions on patient anatomy. Validation has been considered by comparing results generated by the two systems with those obtained during linac calibration. QA static and dynamic plans have been performed taken test cases suggested by American Association of Physicist in Medicine (AAPM), and real cases for different anatomical sites. Clinical implementation has been evaluated by comparing dose - volume parameters for the same previous cases. In addition, DVH-based metrics have been applied to the sample of prostate treatments.
- Dose - volume metrics, as evaluation criteria, should be replaced or complemented by radiobiological indices. These metrics can be incorporated into individualized QA extracting the information for response parameters (gEUD, TCP, NTCP) from DVHs. The aim of this section has been to assess the role of two 3D verification systems dealing with radiobiological metrics applied to a prostate VMAT QA program. Validation has been performed by using AAPM test cases specifically related with the commissioning of radiobiological functions involved in TPS calculations. In order to support these tests, classical (gamma-based) and clinically relevant (DVH-based) metrics have been put into play also. Clinical implementation has been assessed by applying radiobiological metrics to prostate case. The usefulness of these metrics has been tested by evaluating the correlation between the results derived using radiobiological indices and those from DVH-based metrics.

II. METHODS AND MATERIALS

II.1. Validation of VMAT technique and its application to prostate treatment

VMAT treatments were delivered in HCDGU with a 6 MV Synergy (Elekta) linac. Plans were generated with Monaco 2.03 and 3.10. This TPS uses a Monte Carlo dose calculation algorithm. An standard deviation of 2 % was selected for control points calculation, resulting in 0.5 % for the whole plan.

The linac commissioning was performed obtaining usual reference data, as absolute dose values, output factors (OFs), profiles and percentage depth dose curves (PDDs). In addition, special features of VMAT delivery were tested.

- Dose rate stability and MU linearity were assessed, by means of ion chamber measurements (Farmer FC65-P, Scanditronix-Wellhöffer) using the nominal dose rates (600, 300, 150, 75 and 37 MU/min).
- Beam flatness and symmetry should be preserved during the irradiation. A 2D ion chamber array (MatriXX Evolution, IBA Dosimetry) was used to perform these measurements. The detector was mounted on a gantry holder with a coupled angle sensor, acquiring profiles during the gantry arcing in parallel (in-plane) and perpendicular (cross-plane) to the axis of gantry rotation directions, with various dose rates (600, 300, 150 and 75 MU/min).
- Calibration factor constancy check and its dependence with gantry angle should be studied. In order to perform these tests, daily QA detector (StarTrack, IBA Dosimetry) was used. This equipment has the same external geometry than MatriXX detector, allowing the insertion in the same gantry holder. Calibration factor measurements were acquired every 15° during a complete gantry rotation.
- Dynamic MLC verification was performed by implementing usual MLC tests, adapted to volumetric delivery, as garden fence tests, dynamic sweeping gap test, asynchronous dynamic gaps, and combined dynamic tests (MLC, gantry rotation and dose rate). Radiochromic films and MatriXX array were used as detectors. The last test was proposed for the draft protocol about IMRT QA of the SEFM (Sociedad Española de Física Médica), as *Prueba VMAT-5*.

TPS commissioning was performed by comparing reference field data: absolute dose (100 MU at source-to-surface distance [SSD] of 100 cm and 90 cm, and 10 cm of depth for a 10×10 cm² field), OFs (2×2 , 3×3 , 4×4 , 5×5 , 7×7 , 10×10 and 20×20 cm² fields at 10 cm of depth), and profiles and PDDs (2×2 , 3×3 , 4×4 , 5×5 , 10×10 y 20×20 cm²). Monte Carlo calculations were performed with a calculation grid of 3 mm and a 0.5 % variance.

Attenuation introduced by treatment couch could be about 2-10 % for VMAT delivery. The modeling of the treatment table in the TPS is highly recommended to VMAT calculations. All calculations in the present study were performed including the treatment couch. In order to evaluate the TPS calculations including the table, measurements taken every 5° with ion chamber (CC04, Scanditronix-Wellhöffer) in a homogeneous phantom (EasyCube, IBA Dosimetry) were compared with TPS calculations (calculation grid of 3 mm and a 1 % variance).

Image-guided radiation therapy (IGRT) system QA is periodically checked. Usual tests involving Ball Bearing Phantom were replaced with a quick check performed with

another phantom spatially dedicated to this aim (Radiation Products Design, Inc), ensuring the correct use of the cone beam CT (CBCT) system.

VMAT technique is applied to all prostate patients treated with external beam therapy. Prostate gland, seminal vesicles and pelvic lymph nodes were treated in high-risk patients; prostate gland and seminal vesicles were the targets for intermediate-risk cases; and prostate volume was the single target for low-risk staging. A simultaneous integrated boost (SIB) technique was used with two or three target volumes. A moderate hypofractionation scheme was applied for the previous three staging levels. The prescription doses were 70 Gy to prostate gland, 56 Gy to seminal vesicles and 50.4 Gy to pelvic lymph nodes, delivered in 28 fractions. For prostate bed treatments after prostatectomy, the prescription dose was 74 Gy delivered in 37 fractions. Dose constraints for OARs were taken from classical and QUANTEC recommendations, adjusting the values by means of linear-quadratic model. An α/β value of 1.5 Gy and 3 Gy were assumed for target volumes and OARs, respectively. Treatments were planned and delivered with a single VMAT arc. CTV-PTV margin was 5 mm, due to the application of a daily on-line CBCT protocol. It consisted of the acquisition of approximately 650 plane images during a complete gantry rotation, consuming about 2 minutes. The selected prostate patients sample for this study was 100 patients, taking 25 from each usual stage (high-, intermediate- and low-risk), together with 25 prostate bed patients treated after prostatectomy. The quality of these treatments was evaluated by means of dosimetric and administrative parameters.

II.2. Classical metrics applied to volumetric treatments

In order to assess the application of usual IMRT techniques to volumetric QA, 111 VMAT treatments from several disease locations were analyzed.

Point-dose verifications were performed, extracting the differences between dose calculations and measurements for the 111 proposed treatments. The selected calculation grid and Monte Carlo variance were 3 mm and 0.5 %, respectively. Measurements were performed with a CC04 ion chamber inserted in the EasyCube phantom. A tolerance of 3 % was applied to these comparisons.

Planar dose distribution measurements were acquired by means of a 2D ion chamber array (MatriXX Evolution). It consists of 1020 ion chambers with 0.08 cm³ that covers an active area of 24.4 × 24.4 cm² (the distance between them is 7.619 mm). Comparisons were performed by means of gamma analysis (3%/3 mm, global normalization to maximum with a low-dose threshold at 10 % of global maximum). Three different arrangements were evaluated:

- Static detector placed on the treatment couch, under a buildup layer of 2.5 cm. With this setup, all VMAT control points were delivered at gantry position of 0°. Typical VMAT delivery was restricted to dynamic MLC.
- Detector attached to the treatment unit head with a holder in order to ensure

a rigid rotation of the device with the gantry. A buildup layer of 2.5 cm can be placed on the device, into the holder (SSD = 100 cm). VMAT dynamic delivery was kept, but measurement consideration should be moved from planar to volumetric. 79 treatments were evaluated using this setup.

- Detector array inserted in a homogeneous cubic phantom (MultiCube, IBA Dosimetry). The phantom was stationary on the linac couch while treatment was dynamically delivered on it. The thickness of both the anterior and backscatter buildup layers was 11 cm. Detector setup robustness allows different arrangements in order to perform coronal and sagittal measurements. However, MatriXX dose measurements were dependent on the angle of the beam. Angular correction factors ($FC_{i,j}(\theta)$) must be incorporated to solve this dependency. In order to obtain previous factors, measurements performed with MatriXX + MultiCube set were compared with TPS calculations (grid of 2 mm and variance of 1 %) for an open field of $27 \times 27 \text{ cm}^2$. Lectures from each individual chamber ($DM_{i,j}(\theta)$) were compared with those calculated by the TPS ($DC_{i,j}(\theta)$) with the same setup. Hence, correction factors were obtained as:

$$FC_{i,j}(\theta) = \frac{DC_{i,j}(\theta)/DC_{i,j}(0)}{DM_{i,j}(\theta)/DM_{i,j}(0)} \quad (1)$$

Angular information could be collected using an angle sensor. OmniPro I'mRT (IBA Dosimetry) was used as analysis software. 32 treatments were evaluated using this setup, applying the correction factors.

- In order to support the previous methods, dosimetric verifications were performed by means of radiochromic films. MultiCube phantom was used to irradiate the films. They were digitalized with an Epson Perfection V700 scanner. These verifications were performed only as a complement of previous setups. Therefore, results will be presented from a qualitative point of view.

In addition, the last arrangement (MatriXX + MultiCube set) was applied to the sample of 100 prostate patients.

II.3. 3D DVH-based metrics

In order to assess DVH-based metrics, the commissioning, comparison, and clinical implementation of two systems that allow performing 3D redundant dose calculations for VMAT secondary verifications were shown in this section.

Mobius3D software (Mobius Medical Systems) provides an independent dose calculation engine aimed at the verification of treatments generated by TPS. DICOM treatment plan data (CT images, RT Plan, RT Struct and RT Dose) are needed as initial information. Mobius3D utilizes stock reference values for common linear accelerators to model beams. The software uses a collapsed cone convolution/superposition algorithm(29-31) independently developed and updated from its original conception.

The algorithm is accelerated through graphic processing units (GPUs). A set of 144 isotropically spaced cones are used for each calculation point. Point dose kernels have been obtained with some refinements, compared with the original study by Mackie *et al.* GPU-based calculations increase the calculation speed significantly compared with CPUs.

COMPASS (v. 3.0) (IBA Dosimetry) consists of two different elements: a detector device and calculation, reconstruction, and analysis software. The underlying idea is to reconstruct the dose on patient CT from measurements taken with the associated detector. In addition, it provides an independent dose calculation engine that ensures a redundant verification of TPS treatment, as the Mobius3D system. The detector array is a 2D ion chamber array (MatriXX Evolution). It must be attached to the treatment unit head with a holder in order to ensure a rigid rotation of the device with the gantry. This arrangement was previously described. The dose reconstruction process requires associating the measured fluence to its detection angle. The same previous angle sensor was attached to the gantry, collecting angular information of each measurement. Both features offered by COMPASS (dose calculation and reconstruction from measurements) rise from the beam modeling process. The model connects with a collapsed cone convolution/superposition algorithm that calculates the dose on the patient CT. A commissioning process is required for the MatriXX device. Initially, both background (20 s) and preirradiation measurements (5 Gy or higher) must be performed. A square field acquisition ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) is needed in order to check and correct detector shifting and rotation. A measurement with a known dose reference field must be performed to establish the absolute dose calibration. Sampling time was 250 ms for all measurements.

Validation of the systems was performed by comparing the reference data and point-dose measurements with values obtained by the two systems for static, dynamic fields from AAPM TG-119 report, and 12 real VMAT plans for different anatomical sites.

- Regarding the comparison with reference calibration, square fields (2×2 , 3×3 , 4×4 , 5×5 , 7×7 , 10×10 y $20 \times 20 \text{ cm}^2$) were calculated on a homogeneous water phantom by the two systems. SSD was 100 cm. Results were compared with reference calibration measurements taken with a water tank (Blue Phantom², IBA Dosimetry). Absolute dose was compared in terms of calibration factor for the Synergy beam. The reference conditions were a field size of $10 \times 10 \text{ cm}^2$ and depth of maximum. In addition, OFs were extracted and compared for previous fields. Measurements were performed with both Farmer FC65 and CC04 (for fields smaller than $4 \times 4 \text{ cm}^2$) ion chambers. Relative dose distributions (PDDs and profiles at depth of maximum) were evaluated by computing mean differences and by means of a one-dimensional gamma analysis with two criteria (2%/2 mm and 3%/3 mm, local normalization with no low-dose threshold) in comparisons with water tank measurements. Relative measurements were acquired with a CC13 ion chamber (Scanditronix-Wellhöfer). Depth dose curves were divided into four regions: buildup, maximum, depths between maximum and 10

cm, and depths between 10 cm and 20 cm. Profile curves were divided into three regions – outside the treatment field, penumbra, and inside the treatment field – for both in-plane and cross-plane sections. Penumbra regions, with steep dose gradients, were analyzed using distance-to-agreement (DTA) tests, rather than dose differences. An in-house developed software was used to perform previous gamma and DTA tests.

- Regarding the tests with static square fields and dynamic TG-119 test plans, simple plans (square $10 \times 10 \text{ cm}^2$ and 100 MU fields) were generated with single (anterior) and multiple fields (lateral opposed and four field box). In addition, following the guidelines of AAPM Task Group 119, VMAT test plans were computed by the TPS with constraints defined in the report for PTVs and OARs applied for each structure set. Previous static fields and VMAT plans were delivered and calculated by both systems on a homogeneous phantom (EasyCube), comparing point dose calculations with ion chamber (CC04) measurements.
- Regarding the validation with real VMAT patient plans, in order to evaluate different types of PTVs and locations, VMAT plans for four anatomical sites were generated with the TPS: head and neck (two treatments), thoracic (two lung treatments), abdominal (two gastric treatments) and pelvic (six prostate treatments, taking two from each usual staging: high-, intermediate-, and low-risk). Representative point-dose values obtained by the two systems were compared with ion chamber measurements (CC04) performed on the EasyCube phantom with the same arrangement. Likewise, planar dose distributions measured with MatriXX were compared with those generated by Mobius3D and COMPASS, with the same experimental setup, by means of gamma analysis (2%/2 mm and 3%/3 mm, global normalization to maximum with a low-dose threshold at 10 % of global maximum). It consisted of the detector array inserted in a homogeneous cubic phantom (MultiCube), previously described. Angular correction factors, previously calculated, must be incorporated to solve the angular dependency. OmniPro I'mRT was used as analysis software.

Clinical implementation of the systems was evaluated by comparing dose - volume parameters for all TG-119 tests and real VMAT plans with TPS values. In addition, comparisons between dose distributions calculated by TPS and those extracted by the two systems for real VMAT plans were also performed.

- Regarding the clinical implementation tests with static square fields and dynamic TG-119 test plans, previous static regular fields were calculated with TPS over those cases in order to test DVH comparison modules. The dose received by TG-119 test plan structures was determined by the two systems for the previously described regular and VMAT plans. Relevant dosimetric parameters, according to the TG-119 report, were extracted and compared with TPS values for each test and structure.

- Regarding the clinical implementation with real VMAT patient plans, previous VMAT plans for each anatomical site were compared with TPS values using the clinical metrics previously defined. The process was carried out by evaluating representative dosimetric parameters from DVHs. ICRU Report 83 recommendations for recording and reporting IMRT treatments were used to extract evaluation parameters for PTVs (D_{98} , D_2 , D_{50} , D_{mean}). Maximum and mean doses were obtained for OARs. Classical and QUANTEC dose constraints were reported for normal tissue. Comparisons with TPS by means of global gamma passing rates for all structures were reported with two criteria (2%/2 mm and 3%/3 mm, global normalization to maximum, with a low-dose threshold at 10% of global maximum). The COMPASS system is capable of reporting local gamma 3D analysis, in contrast to Mobius3D. Local 2%/2 mm gamma passing rates were also reported for COMPASS dose calculation and reconstruction.

Results were described as mean \pm standard deviation. Data were compared using a paired and two-tailed Student's t -test. The difference was considered statistically significant for p -values < 0.05 .

II.4. Introducing radiobiological-based metrics

Since dose - volume metrics, as evaluation criteria, should be replaced or complemented by radiobiological indices, the aim of this section was to assess the role of two 3D verification systems dealing with radiobiological metrics applied to a prostate VMAT QA program, performing the validation and clinical implementation of these metrics.

Dose - response models used as radiobiological metrics were gEUD, TCP and NTCP.

- For a non-uniform tumor dose distribution, equivalent uniform dose (EUD) is defined as the uniform dose that yields the same biological effect, if treatment is delivered over the same number of fractions as the non-uniform original dose distribution. Niemierko proposed a phenomenological expression to extend the previous concept to normal tissues, referred to as the gEUD:

$$gEUD = \left(\sum_{j=1}^N \nu_j d_j^a \right)^{1/a} \quad (2)$$

- For an inhomogeneous irradiation of dose d_j in a fractional volume ν_j , TCP can be calculated as (Poisson model for TCP):

$$TCP = \sum_{j=1}^N \left\{ \left(N_c \nu_j \exp \left[-n \alpha d_j \left(1 + \frac{d_j}{\alpha/\beta} \right) \right] \right) \right\} \quad (3)$$

An expression for TCP may be obtained if data of clonogenic cells (N_c) are not available, in terms of sigmoidal dose response parameters as (sigmoidal model for

TCP):

$$TCP = (1/2) \prod_{j=1}^N \nu_j \exp \left(\frac{2\gamma_{50}}{\ln 2} \left(1 - \frac{d_j}{D_{50}} \right) \right) \quad (4)$$

Another possibility consists of using the Niemierko model for TCP:

$$TCP = \frac{1}{1 + (D_{50}/gEUD)^{4\gamma_{50}}} \quad (5)$$

- The Lyman model describes complication probabilities for uniformly irradiated organ volume. For an inhomogeneous irradiation, the Lyman model can be completed with an algorithm to convert a heterogeneous dose distribution into a uniform organ irradiation resulting in the same NTCP, resulting in a combined formalism named the Lyman-Kutcher-Burman (LKB) model:

$$NTCP = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-u^2/2} du \quad (6)$$

with

$$t = \frac{D_{eff} - TD_{50}}{mTD_{50}} \quad (7)$$

Another possibility entails using the concept of gEUD concept previously introduced and obtaining NTCP in the Niemierko model as:

$$NTCP = \frac{1}{1 + (TD_{50}/gEUD)^{4\gamma_{50}}} \quad (8)$$

Regarding the validation of biological metrics, in order to test the capabilities of both systems for radiobiological calculations, tests taken from the AAPM TG-166 report were performed, using the benchmark phantom test case, and other representative cases.

- Benchmark phantom consists of a large cubical phantom with four simple structures (3 rectangular, 1 triangular) created inside the phantom. A single 6 MV, SSD = 100 cm, $20 \times 20 \text{ cm}^2$ photon beam was calculated in the TPS, with a prescribed dose of 72 Gy in 40 fractions to a point at 6 cm depth along the central axis. Dose imparted over benchmark phantom structures was determined by Mobius3D (M3D), COMPASS calculation (CC) and reconstruction (CR) modules; then, gEUD, TCP and NTCP were calculated and compared among TPS, M3D, CC and CR from the previous models. An in-house developed software was used to perform previous calculations.
- Treatment plans for three representative test cases (head and neck [H&N], prostate and brain) were also calculated in the TPS according to the volumes and dose prescriptions defined in the report. gEUD, TCP and NTCP values were determined for TPS plans and compared to those extracted by M3D, CC and CR for the same treatments.

In order to support validation process and to assess correct performance in 3D dose calculation and reconstruction processes, traditional gamma tests and DVH-based comparisons were carried out for both systems. Resorting to classical metrics, comparisons with TPS by means of global gamma passing rates for all structures were reported with two criteria (2%/2 mm and 3%/3 mm, global normalization to maximum, with a low-dose threshold at 10 % of global maximum). In addition, 3D dose evaluation was performed by comparing all prostate plans generated by the TPS and those determined by M3D, CC and CR. Representative dosimetric parameters were obtained from DVHs. ICRU report 83 recommendations were used to extract evaluation parameters for PTVs (D_{98} , D_2 , D_{50} , D_{mean}). Maximum and mean doses were extracted for OARs. For normal tissue, classical and QUANTEC constraints were also reported.

Regarding the clinical introduction of biological metrics in patient-specific QA for prostate treatments, gEUD, TCP and NTCP were extracted from TPS and compared to those values obtained with M3D, CC and CR for all the models discussed above. These calculations were performed with the same in-house software previously defined. In order to support the introduction of radiobiological metrics, the correlation between biological indices and differences in DVH parameters was studied.

Several radiobiological parameter sets were used for both tumor (taken from TG-166, and the studies by Okunieff *et al.*, Cheung *et al.*, King *et al.*, and Levegrün *et al.*) and normal tissue calculations (taken from TG-166, and the studies by Burman *et al.*, Stavrev *et al.*, Huang *et al.*, and Lee *et al.*).

Results were described as mean \pm standard deviation. Data were compared using a paired and two-tailed Student's *t*-test. The difference was considered statistically significant for *p*-values < 0.05 . Possible correlation between variables was studied by means of Pearson's correlation coefficient (*r*).

III. RESULTS

III.1. Validation of VMAT technique and its application to prostate treatment

With reference to the linac commissioning:

- Differences obtained for dose rate stability and MU linearity, taking 600 MU/min and 100 MU irradiation as reference data, were better than 1.6 %. Absolute differences were lower than 0.5 % for irradiations over 10 MU.
- In-plane flatness values were located between 100.0 % and 102.5 %. Cross-plane values were slightly as worse as dose rate went down. The worst value was 103.5 %. In-plane symmetry was located between 101.5 % and 103.0 %. Cross-plane symmetry had the similar behavior as the flatness. The worst value was 104.3 %. For 37 MU/min rate, flatness and symmetry were located between 100.5 % and 104.0 %, and 103.0 % and 106.5 %, respectively.

- The maximum observed difference analyzing the angular dose dependency, concerning the 0° irradiation, was 0.25 % for a gantry angle of 285° .
- Garden fence test led to differences in MLC positioning lower than 0.5 mm. Dynamic sweeping gap test led to a uniformity within the range of $\pm 2\%$. The remaining test were analyzed using qualitative criteria. Combined dynamic tests (MLC, gantry rotation and dose rate) led to a four-step pattern; with a normalization value of 100 % for the highest step, the obtained responses in the remaining steps were 75 %, 50 % and 25 %, with a correct homogeneity within them.

In relation to the TPS commissioning, the worst observed difference for absolute dose comparisons were found for $SSD = 90$ cm (-1.4%). The largest difference extracted for OF comparisons was 0.9 %, for the 2×2 cm² field. Remaining discrepancies were better than 0.5 %. In-plane and cross-plane profile comparisons led to differences better than 0.7 % and 0.8 %, respectively. PDD discrepancies were better than 1.1 %.

Absolute deviations between measurements and TPS calculations for the couch modeling were better than 2.6 % (maximum value observed for 110° and 250°). The remaining angles led to discrepancies lower than 2 %.

Comparing the QUANTEC dose constraints and those values obtained for dose - volume parameters in the sample of analyzed prostate treatments, the minimum difference between theoretical and reported values was 7.2 % for the V_{65} parameter in rectum volume. The number of MU was clearly larger for high-risk group (mean value of 778.0 ± 99.4 UM, compared with 675.6 ± 103.7 , 673.1 ± 87.7 , and 656.7 ± 89.0 for the intermediate-, low-risk and bed patients, respectively). The number of control points was very similar for the four cases (153 ± 12 , 152 ± 10 , 149 ± 8 , and 150 ± 8 , for the high-, intermediate-, low-risk and bed patients, respectively). Mean treatment times exceed 7 minutes for the high-risk case (467 s ± 48 s), and is lower than 4 minutes for the remaining cases (224 s ± 22 s, 199 s ± 21 s, and 236 s ± 21 s, for the intermediate-, low-risk and bed patients, respectively).

III.2. Classical metrics applied to volumetric treatments

Mean deviation between measured and calculated point-dose values was $-0.5\% \pm 0.4\%$. The lowest deviations were found for prostate ($-0.4\% \pm 0.3\%$) locations; head and neck mean difference was $-0.7\% \pm 0.4\%$. The mean discrepancy for the remaining data was $-1.2\% \pm 1.2\%$. The largest observed difference was -3.5% .

Regarding the planar dose distribution verifications:

- Results for the placement of the detector on the treatment couch were not significant, because VMAT dynamic was limited to MLC, and the other arrangements led to more significative comparisons.

- Mean gamma passing rate for the arrangement consists on the detector attached to the treatment unit head with a holder was $99.0\% \pm 1.1\%$. The worst value was 92.9% .
- The analysis of the setup with the detector array inserted in a homogeneous cubic phantom led to corrections introduced by the $FC_{i,j}(\theta)$ up to 18% y 7% for 90° and 180° , respectively. Once the correction factors were applied, mean gamma passing rates were $99.0\% \pm 0.7\%$ and $98.2\% \pm 1.1\%$, for the coronal and sagittal measurements, respectively. The worst value was observed for a sagittal plane (95.2%).

About the application of classical metrics to prostate treatments, mean deviation between measured and calculated point-dose values were better than 0.5% . In addition, mean gamma passing rates were better than 99.4% for both coronal and sagittal planes.

III.3. 3D DVH-based metrics

With respect to the results of the validation:

- Discrepancies were below 0.5% for absolute dose values extracted from both systems. Maximum discrepancy for OFs was -3.4% for the $2 \times 2 \text{ cm}^2$ COMPASS reconstructed field. Mean differences for M3D, CC, and CR were $-0.8\% \pm 1.2\%$, $-0.3\% \pm 0.3\%$, and $-0.9\% \pm 1.4\%$, respectively. In PDD comparisons, differences increased with depth (maximum mean difference of $-2.7\% \pm 0.2\%$ for M3D). In profile comparisons, maximum discrepancies for in-plane and cross-plane sections were found outside (mean value of $1.4\% \pm 1.8\%$) and inside the treatment field (mean value of $-0.9\% \pm 2.2\%$) for the M3D results. Maximum DTA values were found for M3D for both in-plane (mean value of $0.9 \text{ mm} \pm 0.6 \text{ mm}$ for $3 \times 3 \text{ cm}^2$ field) and cross-plane ($1.5 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ for $20 \times 20 \text{ cm}^2$ field) sections.
- Considering the validation tests with static square fields and dynamic TG-119 test plans, mean discrepancies for differences between point-dose values obtained by both systems and measured with ion chamber were $0.9\% \pm 1.3\%$, $0.5\% \pm 0.8\%$, and $0.9\% \pm 0.7\%$ for M3D, CC, and CR, respectively.
- Point-dose measurements taken in the validation process with real VMAT patient plans for each treatment and comparisons with M3D and COMPASS results led to mean discrepancies of $0.1\% \pm 1.0\%$, $0.5\% \pm 1.2\%$, and $1.2\% \pm 0.9\%$ for M3D, CC, and CR, respectively. Mean values for gamma passing rates for coronal and sagittal dose planes measured with the MatriXX+MultiCube set compared with those extracted from both systems were better than 87.0% and 97.9% for the $2\%/2 \text{ mm}$ and $3\%/3 \text{ mm}$ criteria, respectively.

About the results found for the clinical implementation:

- Regarding the clinical implementation tests with static square fields and dynamic TG-119 test plans, differences between TPS, dose calculation, and reconstruction for dosimetric parameters analyzed for each structure set, mean differences were $0.8\% \pm 4.2\%$, $0.4\% \pm 2.3\%$, and $1.0\% \pm 5.8\%$ for M3D, CC, and CR, respectively.
- The clinical implementation with real VMAT patient plans led to mean discrepancies of $0.0\% \pm 2.3\%$, $0.6\% \pm 1.1\%$, and $-0.0\% \pm 1.6\%$ for M3D, CC, and CR, respectively. For the local gamma tolerance, lower mean values were found for CR applied to HN and lung treatments. For the 2%/2 mm global gamma tolerance, lower mean values were found for M3D and CR applied to gastric and high-risk prostate treatments, respectively.

III.4. Introducing radiobiological-based metrics

The results obtained for the verifications of biological metrics for both systems with TG-166 benchmark phantom and test cases led to maximum deviations for gEUD that were found for left and right inner ear in M3D calculations (8.8% and 9.3%, respectively). The maximum difference for TCP evaluations was found for M3D calculations using the Poisson model (-1.3%). For NTCP, the maximum discrepancy was found in the COMPASS reconstructed dose of Triangle 1 structure from benchmark phantom test (5.3%).

M3D passing rates for prostate cases were worse than those from COMPASS in all cases, with the exception of values for 3%/3 mm criterion in low-risk treatments (mean passing rates for all structures were 99.8% for both M3D and CR results). 3D dose evaluation performed by comparing representative dosimetric parameters led to maximum discrepancies for PTVs that were found in COMPASS reconstructed low-risk and prostate bed patients ($2.4\% \pm 0.8\%$). The largest differences observed for rectum were found for COMPASS reconstructed mean dose in bed patients ($6.2\% \pm 1.3\%$). For bladder, the maximum differences were also located in mean dose Mobius3D calculated values for bed treatments ($-3.3\% \pm 1.6\%$). The worst mean differences for femoral heads were found for CR results for the right head in low-risk patients ($3.1\% \pm 1.3\%$). Deviations were better for M3D than CC in some cases, and vice versa. For all the parameters, mean values were $0.5\% \pm 1.9\%$, $0.4\% \pm 1.0\%$ and $1.1\% \pm 2.6\%$ for M3D, CC and CR, respectively.

The results for the clinical introduction of biological metrics led to maximum mean differences that were found for rectum COMPASS reconstructed gEUD for intermediate- and low-risk patients ($4.7\% \pm 1.3\%$). Prostate gland absolute mean differences were lower than 1.3% in all cases; the maximum mean discrepancy for bladder was found in intermediate-risk COMPASS reconstructed cases ($-2.5\% \pm 1.3\%$); the worst femoral head deviation was also found in the intermediate-risk COMPASS reconstructed (right femoral head) cases ($4.2\% \pm 1.4\%$). The maximum mean difference for TCP was found for high-risk COMPASS reconstructed values using the Poisson model and taking the

values for radiobiological parameters from the study by Cheung *et al.* ($-2.4\% \pm 1.1\%$). The worst mean difference for NTCP was found for COMPASS reconstructed rectum values in low-risk treatments ($1.5\% \pm 0.5\%$). Discrepancies for bladder and femoral heads were better than 0.1 % and 0.01 %, respectively, in all cases.

The correlation between the changes in DVH parameters and the corresponding changes in radiobiological outcomes for target volumes ranged from moderate ($r > 0.500$) to strong ($r > 0.700$) for gEUD comparisons, although CC results seemed to have a weaker correlation ($r < 0.500$). For OARs, moderate to strong correlation was observed for gEUD, although some results exhibited a weaker correlation (CC and CR results for rectum and bladder). NTCP results seemed to have stronger correlation for the LKB model than the Niemierko model for rectum. Low-risk cases exhibited a stronger correlation for bladder NTCP results compared with the other cases. Femoral heads showed no correlation for either LKB or Niemierko calculations.

I.V. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

IV.1. Discussion

Validation of VMAT technique and its application to prostate treatment

The beam was stable during the irradiation for dose rates from 600 MU/min to 75 MU/min. Beam geometry was also satisfactory for 37 MU/min dose rate, but this lowest value should only be used in small fractions of the overall treatment. The results obtained for the dose dependence with gantry angle were compatible with tolerances and ion chamber measurements. A simple method to determine the calibration factor variation with the angle of the beam using daily QA detector was established. MLC QA procedures were schematically shown. All these processes might be encompassed under the scope of metrics studied in the present work, but they were briefly described as an usual item within a traditional QA program. In addition, the accepted proposal in order to include the suggested dynamic MLC test in the IMRT protocol of the SEFM should be noted.

The differences between absolute dose calculated by Monaco and measured in water phantoms are well within acceptance limits, as well as the relative dose distributions (profiles and PDDs); TPS dose calculation algorithms were successfully evaluated, including small fields. The largest differences were observed in the penumbra region. Treatment couch modeling led to discrepancies lower than 3 %. Table could be included in TPS calculations, an essential element in VMAT planning.

Regarding the application of VMAT technique to prostate disease, a wide margin was observed in relation with the dose constraints compliance for the OARs, including the most unfavorable scenario (pelvic irradiation in high-risk case). Treatment times improved those from traditional modulated ones, allowing an intense dedication to combined VMAT-IGRT techniques.

Classical metrics applied to volumetric treatments

The worst deviation found for ion chamber measurements was -3.53, corresponding to a mesothelioma treatment. A systematic deviation to low measured doses was observed. This deviation was caused by a reported error in the dose calculation engine of Monaco 2.03, fixed in the 3.10 version.

Regarding the application of 2D ion chamber array, three different setups were analyzed. The first arrangement, with the detector placed on the top of the couch, all the beams were collapsed to 0° , resulting in a information loss; therefore, this setup was considered as invalid for VMAT verifications. The second setup led to high passing rates, but the delivery supposed the irradiation of the total number of control points in a perpendicular direction from the detection plane. An evolution to volumetric measurements was performed inserting the array in a cubic phantom, but an angular dependence was observed with this setup. Development of angular correction factors was needed in order to validate this arrangement. After the application of correction factors, high passing rates were observed.

Radiochromic film dosimetry was introduced in order to support the previous methods. The viability of detectors applied to traditional IMRT QA programs for VMAT was successfully tested.

3D DVH-based metrics

Geometrical resolution of 2D detector arrays is limited due to the size of each single detector. Strictly, Mobius3D- and COMPASS-calculated values in planar analysis should be convolved with the detector response function and then compared to MatriXX measurements. This problem, described as a limitation of the present study, is not observed in measurement-based dose reconstruction performed by COMPASS because the system inherently applies this correction.

A 3%/3 mm gamma passing rate metric is commonly used in QA tasks. However, common metrics may reduce the sensitivity of systems involved in patient-specific QA processes. Recent studies suggested performing a more stringent gamma analysis, restricting traditional tolerances. Validation of both systems, comparing planar dose distributions by means of gamma analysis, involved 2%/2 mm and 3%/3 mm global gamma criteria. Clinical implementation of the two systems made use of 2%/2 mm and 3%/3mm global tolerances in volumetric dose comparisons and introduced a 2%/2 mm local gamma test for COMPASS results. The implementation of previous tolerances (local/global) in the analysis of each case (planar/volumetric) was a limitation of this study. OmniPro IŠmRT was used to perform 2D gamma analysis (validation of the systems). Mobius3D was used to perform 3D gamma analysis (clinical implementation of the systems). Global gamma normalization is the only tolerance available in the previous solutions. COMPASS, however, is able to perform local and global gamma analysis in volumetric comparisons.

Several authors have presented commissioning studies for 3D pretreatment verifi-

cation systems. A comparison of Mobius3D with other solutions has not previously been evaluated in the literature. TG-119-based comparisons are powerful tools to evaluate the performance of IMRT and VMAT TPSs and can also be implemented to evaluate DVH-based QA systems. An additional limitation is described for this study. Mobius3D has an independent tool to predict dose on patient anatomy, called MobiusFX (Mobius Medical Systems). This software reconstructs the dose from delivery (log-file) information. At the time of the present study, this tool is not available in our institution.

Regarding the validation of the systems, comparisons of absolute dose values obtained with M3D and COMPASS were comparable with those from previous studies. The observed discrepancies can probably be improved by adjusting the reference data. The largest differences observed in profile comparisons were located in the penumbra region. The steep dose gradient present in this area contributes to increasing the discrepancies, as can be observed from gamma passing rates. However, profile comparisons resulted in good agreement between both systems and reference data. As a conclusion, it can be assumed that CC results were better than M3D and CR results in most situations. Results for static fields were comparable to those obtained in the previous section. For dynamic TG-119 plans, values were comparable to those extracted with real VMAT plans. Results for the comparisons with ion chamber measurements led to values that were comparable or better than those found in the literature. Values for M3D were slightly better than those from CC and CR in point-dose comparisons. Planar dose comparisons led to similar results for the two systems, and they were better for sagittal dose planes.

With respect to the clinical implementation, results for TG-119 test suite comparisons were consistent with previous studies. Dose-volume discrepancies were also comparable with actual clinical plans validated by other authors. The observed differences could be reduced by improving the beam model for the Mobius3D and COMPASS systems. In the dose reconstruction process, the spatial resolution of the MatriXX detector could be a problem for detecting hot/cold spots in highly modulated fields and might contribute to obtaining worse results. Dose-volume comparisons for real VMAT plans were comparable with other studies. The observed discrepancies could be improved with the same solutions reported in the previous sections. Results for both systems were comparable in terms of dose-volume parameters.

Introducing radiobiological-based metrics

Radiobiological models are powerful evaluation tools because values such as TCP and NTCP are related to the clinical outcome of a treatment. However, there are several models with a wide range of reported parameters, supported by the same number of publications. In order to take this variability into account with the model selection, TCP and NTCP values were calculated in several frameworks. In addition, previous models were supplied with several parameter sets in order to take into account the variability in reported parameters.

The aim of the present section was to evaluate the implementation of radiobiological metrics in the patient-specific QA workflow. TG-166 test cases have been designed to assess the biological modelling implemented in several commercial TPSs. In particular, benchmark phantom structures have been specifically developed to address this problem. In addition, the dose calculation and reconstruction capabilities of the systems should be tested with clinical cases. The other TG-166 cases (HN, prostate and brain) have been intentionally used for this purpose.

New QA metrics should be introduced in order to effectively take into account the clinical impact of possible calculation/delivery mistakes for modulated treatments. Considering radiobiological parameters as potential indicators of clinical outcome for radiation therapy treatments, such parameters could be included in these metrics. The previous statement goes beyond the usual patient-specific QA flow, which is based in dose distribution comparisons. In this way, patient-specific QA metrics could directly evaluate the variations between a treatment's expected (planned) and finally delivered clinical outcome. In addition to the previous discussion, radiobiological metrics could be used to evaluate the robustness of a radiotherapy treatment from the point of view of its sensitivity to possible perturbations. From the sigmoid shape of TCP and NTCP curves, the high region for TCP and the low region for NTCP are the ideal regions for these indices, because results are less sensitive to possible changes.

For TG-166 tests, discrepancies between TPS and the two systems were in good agreement for gEUD calculations. Maximum discrepancies were found for small volume structures, like inner ear, where low differences could lead to poor results. For TCP and NTCP comparisons, discrepancies were better than the previous results. The worst results were found in the benchmark phantom test case.

In relation with the evaluation of prostate treatments with classical and DVH-based metrics, COMPASS calculated and reconstructed passing rates were slightly better than those from Mobius3D. DVH comparisons were similar to data from other studies. Results for both systems were comparable in terms of dose-volume parameters, although CC calculations improved the M3D values and the last ones those from CR results.

Radiobiological calculations applied to prostate treatments led to comparable discrepancies for the three systems. For gEUD values, differences were larger for OARs than for target volumes. Considering the TCP calculations, absolute TCP values calculated for the TPS with the Poisson model were, in general, slightly larger than those from the sigmoidal and Niemierko models. The observed discrepancies in absolute TCP values come from the model/parameter selection and they were also derived for M3D, CC and CR results, preserving the low differences obtained in the comparisons. For NTCP calculations, absolute values were comparable between the models and also preserved the low discrepancies in the comparisons. Correlation between NTCP and dose-volume parameters for OARs was larger for rectum than bladder or femoral head values. These results could be explained using ideas based in the discussion expressed in a previous section. If TCP/NTCP values are located in low gradient regions

of the sigmoid curve (high TCP or low NTCP), the clinical outcome is less sensitive to changes in the plan, like dose-volume discrepancies. NTCP values for bladder and femoral heads are low and extremely low, respectively. This could explain the lack of correlation between changes in DVH parameters and NTCP results in these cases.

IV.2. Conclusions

From the point of view of the validation of VMAT and its application to prostate treatment, the technique has been successfully commissioned. Prostate patients group treated with VMAT has been introduced and evaluated.

Regarding the application of classical metrics to volumetric treatments, 2D ion chamber arrays have been evaluated with several setups. Considering the array inserted in a homogeneous cubic phantom, the angular dependency of the detector has been studied, extracting the correction factors. The application of usual IMRT techniques to volumetric QA has been successfully assessed.

Improving the classical metrics, approaching to 3D dose calculation on patient anatomy, Mobius3D and COMPASS systems have been evaluated by means of static and dynamic QA plans using AAPM TG-119 test cases. Both systems have been successfully implemented for clinical use.

The present study has explored the potential usefulness of biological metrics applied to patient-specific QA. Both Mobius3D and COMPASS systems have been evaluated by means of AAPM TG-166 test cases. Dose calculation and reconstruction capabilities of both systems have been successfully evaluated by metrics defined in the previous sections. Radiobiological metrics, expressed in terms of comparisons between several indices (gEUD, TCP and NTCP), have been applied to paradigmatic prostate case. Both systems have been successfully tested in terms of radiobiological calculations, as potential tools in order to assess the clinical outcome of radiation therapy treatments in a patient-specific QA framework. Summarizing the information in few parameters related with the clinical outcome of the treatment could be used as a complement of the DVH-based metrics previously defined.

Lista de abreviaturas

3DCRT	Radioterapia conformada 3D
AAPM	<i>American Association of Physicist in Medicine</i>
BT	Braquiterapia
CBCT	<i>Cone beam CT</i>
CC	Cálculo de dosis realizado por COMPASS
CP	Cáncer de próstata
CPU	Unidad central de procesamiento
CR	Reconstrucción de dosis a partir de las medidas realizadas por COMPASS
CT	Tomografía computarizada
CTV	<i>Clinical target volume</i>
DBE	Dosis biológica equivalente
DFS	Distancia fuente - superficie
DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
DTA	<i>Distance-to-agreement</i>
DVH	Histograma dosis - volumen
EBRT	Radioterapia externa
EEC	Extensión extracapsular
EORTC	<i>European Organisation for Research and Treatment of Cancer</i>
EPID	Dispositivo electrónico de imagen portal
EQD2	Dosis equivalente a 2 Gy / fracción

EUD	Dosis equivalente uniforme
FOV	<i>Field of view</i>
gEUD	Dosis equivalente uniforme generalizada
GLP	Ganglios linfáticos pélvicos
GPU	Unidad de procesamiento gráfico
GTV	<i>Gross tumor volume</i>
HBP	Hiperplasia benigna de próstata
HCDGU	Hospital Central de la Defensa “Gómez Ulla”
HDR	Alta tasa de dosis
ICRU	<i>International Commission on Radiation Units and Measurements</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IGF	Factor de crecimiento insulínico
IGRT	Radioterapia guiada por la imagen
IM	<i>Internal margin</i>
IMAT	Arcoterapia de intensidad modulada
IMRT	Radioterapia de intensidad modulada
LDR	Baja tasa de dosis
LKB	Modelo de Lyman-Kutcher-Burman
M3D	Cálculo de dosis realizado mediante Mobius3D
MLC	Colimador multiláminas
MRI	Imagen de resonancia magnética
NCCN	<i>National Comprehensive Cancer Network</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
NTCP	Probabilidad de complicación en tejido sano
OAR	Órgano de riesgo

OF	Factor de campo
ORL	Cabeza y cuello
PDD	Curva de distribución de dosis en profundidad
PET	Tomografía por emisión de positrones
PSA	Antígeno específico de próstata
PTV	<i>Planning target volume</i>
QA	Control de calidad
QUANTEC	<i>Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic</i>
RA (PRA)	Próstata estadificada de alto riesgo
RB (PRB)	Próstata estadificada de bajo riesgo
RI (PRI)	Próstata estadificada de riesgo intermedio
RTOG	<i>Radiation Therapy Oncology Group</i>
SBRT	Radioterapia estereotáxica extracraneal
SEFM	Sociedad Española de Física Médica
SIB	<i>Boost</i> integrado simultáneo
SM	<i>Setup margin</i>
SPECT	Tomografía computarizada por emisión de fotón único
TCP	Probabilidad de control tumoral
TG	<i>Task Group</i> de la AAPM
TNM	Sistema de estadificación de tumores
TPS	Sistema de planificación de tratamientos
UM	Unidad de monitor
VMAT	Arcoterapia volumétrica modulada
VS	Vesículas seminales
XVI	Sistema de IGRT <i>X-Ray volume imaging</i> (Elekta)
XVMC	Algoritmo de cálculo <i>X-Ray Voxel Monte Carlo</i>

Índice

I	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
I.1	Introducción a las técnicas moduladas	3
I.1.1	Marco conceptual de la radioterapia	3
I.1.2	Tratamiento radioterápico	4
I.1.3	Radioterapia conformada 3D (3DCRT)	5
I.1.4	Radioterapia de intensidad modulada (IMRT)	6
I.1.4.1	Marco conceptual	6
I.1.4.2	Modalidades de administración.	7
I.1.5	Arcoterapia volumétrica modulada (VMAT)	9
I.1.5.1	Desarrollo histórico	9
I.1.5.2	Descripción de la técnica	11
I.1.5.3	Ventajas e inconvenientes de la técnica	14
I.2	Control de calidad de técnicas moduladas	17
I.2.1	Necesidad de control de calidad en IMRT	17
I.2.2	Procedimientos aplicados en la verificación de tratamientos de IMRT	18
I.2.2.1	Verificación independiente de la dosis calculada con el TPS	18
I.2.2.2	Verificación independiente basada en medidas de distribuciones de dosis y posterior comparación con los cálculos del TPS	19
I.2.3	Métricas clásicas aplicadas al control de calidad individualizado en VMAT	23
I.2.4	Insuficiencia de las métricas clásicas	24
I.2.5	Nuevas métricas	25
I.3	Cáncer de próstata y tratamiento radioterápico	27
I.3.1	Fisiología y anatomía prostática	27
I.3.2	Epidemiología del cáncer de próstata	28
I.3.3	Historia natural del cáncer de próstata	29
I.3.4	Histología y diagnóstico inicial	30
I.3.5	Sistemas de clasificación y grupos de riesgo	32
I.3.6	Tratamiento radioterápico	33
I.3.6.1	Simulación	33

I.3.6.2	Volúmenes de tratamiento y prescripción de dosis	33
I.3.6.3	Órganos de riesgo y dosis de tolerancia	35
I.3.7	Radioterapia postquirúrgica: adyuvante y de rescate	36
I.3.7.1	Volúmenes de tratamiento y órganos de riesgo	37
I.3.8	Técnicas moduladas, radiobiología e hipofraccionamiento en la patología de próstata	37
I.3.8.1	Radiobiología e hipofraccionamiento en próstata	38
I.3.8.2	VMAT en tratamientos de próstata	39
I.4	Objetivos del presente trabajo	41
I.4.1	Objetivos generales	41
I.4.2	Objetivos específicos	41
II	MATERIAL Y MÉTODOS	45
II.1	Validación de la técnica VMAT y aplicación al tratamiento de próstata	47
II.1.1	Unidad de tratamiento	47
II.1.2	Sistema de planificación	49
II.1.2.1	Funciones de coste biológicas	49
II.1.2.2	Control de estructuras basado en vóxeles	51
II.1.2.3	Algoritmo de cálculo Monte Carlo	52
II.1.2.4	Otros parámetros de optimización y segmentación	54
II.1.3	Validación de la técnica	55
II.1.3.1	Comisionado del acelerador	55
II.1.3.2	Comisionado del TPS	59
II.1.3.3	Modelado de la mesa de tratamiento en el TPS	60
II.1.3.4	Control de calidad del sistema de IGRT	61
II.1.4	VMAT aplicada al tratamiento de próstata	62
II.1.4.1	Metodología y esquema de tratamiento	62
II.1.4.2	Planificación de tratamientos	64
II.1.4.3	Aplicación de técnicas de guiado por imagen	67
II.1.4.4	Grupo de pacientes de próstata analizados en el presente estudio	68
II.2	Métricas clásicas aplicadas al tratamiento volumétrico	69
II.2.1	Breve introducción	69
II.2.2	Verificación puntual de dosis absoluta con cámara de ionización . .	71
II.2.3	Verificación de distribuciones de dosis planares empleando una matriz de cámaras de ionización	71
II.2.3.1	Equipo detector y metodología	71
II.2.3.2	Detector situado sobre la mesa de tratamiento	72
II.2.3.3	Detector situado en un alojamiento para el <i>gantry</i>	72

II.2.3.4	Detector insertado en un maniquí cúbico homogéneo	74
II.2.3.5	Verificación adicional mediante películas radiocrómicas . .	77
II.2.4	Aplicación a la patología de próstata	77
II.3	Métricas 3D basadas en parámetros dosis - volumen	79
II.3.1	Breve introducción	79
II.3.2	Descripción del sistema Mobius3D	80
II.3.3	Descripción del sistema COMPASS	81
II.3.3.1	Dispositivo detector	81
II.3.3.2	Software de cálculo, reconstrucción y análisis	82
II.3.3.3	Flujo de trabajo en COMPASS	83
II.3.4	Validación de los dos sistemas	86
II.3.4.1	Comparación con la calibración de referencia	86
II.3.4.2	Validación con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM .	87
II.3.4.3	Validación con planes de tratamiento VMAT reales	90
II.3.5	Implementación clínica de los dos sistemas	90
II.3.5.1	Implementación clínica con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM	90
II.3.5.2	Implementación clínica con planes de tratamiento VMAT reales	91
II.3.6	Aplicación a la patología de próstata	91
II.3.7	Comentarios acerca del cálculo de dosis en el TPS para la verificación	91
II.3.8	Análisis estadístico	92
II.4	Introducción de métricas basadas en parámetros radiobiológicos	93
II.4.1	Breve introducción	93
II.4.2	Modelos biológicos de relación dosis - respuesta	94
II.4.2.1	Dosis equivalente uniforme generalizada (gEUD)	94
II.4.2.2	Probabilidad de control tumoral (TCP)	94
II.4.2.3	Probabilidad de complicación en tejido sano (NTCP) . . .	96
II.4.3	Verificación de las métricas biológicas empleando los planes de prueba del TG-166 de la AAPM	97
II.4.3.1	Pruebas con el maniquí <i>benchmark phantom</i>	97
II.4.3.2	Casos de prueba representativos	98
II.4.4	Evaluación de tratamientos de próstata empleando métricas clásicas (análisis gamma 3D) y basadas en parámetros dosis - volumen . . .	99
II.4.5	Introducción de las métricas biológicas en el flujo de QA individualizado a paciente para tratamientos de próstata	99
II.4.6	Parámetros radiobiológicos	99
II.4.7	Análisis estadístico	101

III	RESULTADOS	103
III.1	Validación de la técnica VMAT y aplicación al tratamiento de próstata	105
III.1.1	Validación de la técnica	105
III.1.1.1	Comisionado del acelerador	105
III.1.1.2	Comisionado del TPS	109
III.1.1.3	Modelado de la mesa de tratamiento en el TPS	116
III.1.2	VMAT aplicada al tratamiento de próstata	116
III.2	Métricas clásicas aplicadas al tratamiento volumétrico	123
III.2.1	Verificación puntual de dosis absoluta con cámara de ionización . .	123
III.2.2	Verificación de distribuciones de dosis planares empleando una matriz de cámaras de ionización	123
III.2.2.1	Detector situado sobre la mesa de tratamiento	123
III.2.2.2	Detector situado en un alojamiento para el <i>gantry</i>	125
III.2.2.3	Detector insertado en un maniquí cúbico homogéneo	125
III.2.2.4	Verificación adicional mediante películas radiocrómicas . .	129
III.2.3	Aplicación a la patología de próstata	129
III.3	Métricas 3D basadas en parámetros dosis - volumen	133
III.3.1	Validación de los dos sistemas	133
III.3.1.1	Comparación con la calibración de referencia	133
III.3.1.2	Validación con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM .	136
III.3.1.3	Validación con planes de tratamiento VMAT reales	136
III.3.2	Implementación clínica de los dos sistemas	138
III.3.2.1	Implementación clínica con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM	138
III.3.2.2	Implementación clínica con planes de tratamiento VMAT reales	139
III.3.3	Aplicación a la patología de próstata	140
III.4	Introducción de métricas basadas en parámetros radiobiológicos	145
III.4.1	Verificación de las métricas biológicas empleando los planes de prueba del TG-166 de la AAPM	145
III.4.2	Evaluación de tratamientos de próstata empleando métricas clásicas (análisis gamma 3D) y basadas en parámetros dosis - volumen . . .	145
III.4.3	Métricas biológicas aplicadas a tratamientos de próstata	153

IV	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	161
IV.1	Discusión	163
IV.1.1	Validación de la técnica VMAT y aplicación al tratamiento de próstata	163
IV.1.1.1	Comisionado del TPS	164
IV.1.1.2	VMAT aplicada al tratamiento de próstata	165
IV.1.2	Métricas clásicas aplicadas al tratamiento volumétrico	167
IV.1.2.1	Verificación puntual de dosis absoluta con cámara de ionización	168
IV.1.2.2	Verificación de distribuciones de dosis planares empleando una matriz de cámaras de ionización	168
IV.1.2.3	Aplicación a la patología de próstata	169
IV.1.2.4	Comentarios adicionales	170
IV.1.3	Métricas 3D basadas en parámetros dosis - volumen	170
IV.1.3.1	Comentarios y limitaciones del presente estudio	170
IV.1.3.2	Validación de los dos sistemas	172
IV.1.3.3	Implementación clínica de los dos sistemas	173
IV.1.4	Introducción de métricas basadas en parámetros radiobiológicos	173
IV.1.4.1	Comentarios acerca del presente estudio	173
IV.1.4.2	Verificación de las métricas biológicas empleando los planes de prueba del TG-166 de la AAPM	174
IV.1.4.3	Evaluación de tratamientos de próstata empleando métricas clásicas (análisis gamma 3D) y basadas en parámetros dosis - volumen	175
IV.1.4.4	Métricas biológicas aplicadas a tratamientos de próstata	175
IV.1.4.5	Comentario final	176
IV.2	Conclusiones	179
IV.2.1	Validación de la técnica VMAT y aplicación al tratamiento de próstata	179
IV.2.2	Métricas clásicas aplicadas al tratamiento volumétrico	179
IV.2.3	Métricas 3D basadas en parámetros dosis - volumen	180
IV.2.4	Introducción de métricas basadas en parámetros radiobiológicos	180
V	APÉNDICES	183
V.A	Publicaciones y contribuciones asociadas al presente trabajo	185
V.A.1	Nacionales	185
V.A.2	Internacionales	186
V.B	Análisis gamma	189

V.C Modelo lineal-cuadrático	193
V.C.1 Fundamentos empíricos	193
V.C.2 Fundamentos teóricos	193
V.C.3 Dosis biológica equivalente	195
V.C.4 EQD2	195
V.D Extracción de los factores $FC_{i,j}(\theta)$	197
V.E Software desarrollado en el marco del presente trabajo	243
V.E.1 Entorno de trabajo y necesidad del software	243
V.E.2 Análisis gamma unidimensional	243
V.E.3 Lectura y tratamiento de DVHs para la obtención de parámetros dosimétricos y radiobiológicos	245
V.E.3.1 Módulo <i>DVHCrudo</i>	245
V.E.3.2 Módulo <i>ParamsLectura</i>	251
V.E.3.3 Módulo <i>CalculoTCP</i>	251
V.E.3.4 Módulo <i>CalculoNTCP</i>	252
VI BIBLIOGRAFÍA	257
Bibliografía	259

I

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Capítulo I.1

Introducción a las técnicas moduladas

I.1.1. Marco conceptual de la radioterapia

En la actualidad y de forma aproximada, unos 6 millones de personas en todo el mundo reciben anualmente radioterapia como parte de su tratamiento oncológico [1]. Esta disciplina consiste en el empleo de radiaciones ionizantes con el fin de detener, controlar o eliminar una proliferación celular anómala que desemboca en una neoplasia maligna. Eventualmente, puede también emplearse en el tratamiento de ciertas enfermedades benignas. El objetivo primordial de la radioterapia es administrar una cantidad precisa de radiación a un volumen tumoral delimitado, minimizando la irradiación del tejido sano circundante.

La realización de un tratamiento radioterápico puede perseguir distintos objetivos. El primero es el empleo como terapia radical o curativa adaptándose a un marco en el que el equilibrio coste-beneficio este claramente inclinado hacia este último; esto es, lograr una buena capacidad de control tumoral, reduciendo el riesgo de efectos colaterales hasta el mínimo. La segunda alternativa es el empleo como tratamiento paliativo. En este caso, el curso radioterápico se encamina a conseguir una clara mejora de la situación del paciente sobre una sintomatología derivada de la enfermedad oncológica que puede comprender dolor, hemorragias, obstrucciones, compresiones o situaciones análogas [2].

Dentro del arsenal terapéutico para el tratamiento de la enfermedad oncológica, la radioterapia puede administrarse como tratamiento exclusivo; en otros muchos casos, constituye un tratamiento adyuvante o neoadyuvante respecto de la cirugía. También puede administrarse de forma concurrente a otras vías terapéuticas, como puedan ser quimioterapia, hormonoterapia o inmunoterapia, entre otras. Las tres terapias por excelencia en el tratamiento contra el cáncer son las nombradas anteriormente, esto es, la cirugía, la radioterapia y la quimioterapia. La cirugía es el tratamiento de elección en muchos casos, obteniendo buenos resultados terapéuticos cuando el tumor no está

diseminado. La radioterapia complementa a la cirugía en muchas situaciones, sustituyéndola incluso en algunos casos. Es capaz de lograr probabilidades de control a largo plazo razonables, manteniendo buenos resultados funcionales y cosméticos [2]. Es difícil obtener datos reales acerca de la eficacia de cada una de estas modalidades de terapia. Se estima que el tratamiento local (cirugía o radioterapia) tiene éxito entre el 30 % y el 40 % de los casos tratados, siendo la radioterapia la terapia central en el 15 % de ellos [3, 4]. Aproximadamente un 40 % de los pacientes oncológicos reciben quimioterapia, si bien la curación es únicamente atribuible a ésta en un 2 % del total de nuevos casos [5].

I.1.2. Tratamiento radioterápico

El efecto biológico de las radiaciones ionizantes es cuantificado a partir del depósito de energía producido por las mismas, por unidad de masa de tejido irradiado, esto es, dosis absorbida (dosis en adelante). El tratamiento radioterápico presenta dos grandes vertientes: radioterapia externa (EBRT) y braquiterapia (BT). Al margen de esta distinción, la radioterapia persigue adaptar las distribuciones de dosis a los volúmenes de tratamiento. La situación ideal es aquella en la que el tumor recibe una cantidad de dosis adecuada para lograr el control de la enfermedad; sin embargo, la presencia de órganos de riesgo y tejidos sanos circundantes hace necesario minimizar igualmente la probabilidad de complicación en los mismos, en contraposición al primer criterio [6, 7]. La radioterapia ha ido evolucionando histórica y tecnológicamente persiguiendo equilibrar ambas condiciones, incorporando paulatinamente criterios y desarrollos en técnicas de imagen, planificación de tratamientos y administración de los mismos.

El proceso global parte de una adquisición de datos anatómicos del paciente. En la actualidad, es usual el empleo de técnicas tridimensionales, siendo las más generalizadas la tomografía computarizada (CT), resonancia magnética (MRI), tomografía por emisión de positrones (PET) y los ultrasonidos. Sobre estas imágenes, el oncólogo radioterápico delimita los volúmenes de interés clínico, tanto los susceptibles de contener enfermedad tumoral (GTVs y CTVs), como los órganos de riesgo y tejidos sanos (OARs). La planificación de un tratamiento consiste en la optimización de la distribución de dosis sobre el paciente, logrando el equilibrio exigido anteriormente, mediante el empleo de un sistema de planificación (TPS), que permite simular virtualmente el equipo y calcular la absorción de dosis sobre las estructuras anatómicas del paciente.

La BT consiste en la administración del tratamiento mediante fuentes radiactivas situadas en el interior o en contacto con el volumen tumoral. Es un procedimiento más invasivo que la EBRT, si bien comporta menores tiempos totales de tratamiento. Pueden emplearse fuentes de baja intensidad (BT de baja tasa de dosis, LDR) o de alta intensidad (BT de alta tasa de dosis, HDR). Esta modalidad de tratamiento queda fuera del objetivo del presente trabajo.

La EBRT consiste en el empleo de haces de radiación externos al paciente, originados en la mayoría de los servicios asistenciales actuales por aceleradores lineales

de electrones. Los haces generados son impartidos sobre el paciente con distintas incidencias, buscando, como se ha dicho, que las distribuciones de dosis se adapten a los volúmenes de tratamiento.

I.1.3. Radioterapia conformada 3D (3DCRT)

Antes del advenimiento de las técnicas de imagen tridimensionales, la localización precisa de la enfermedad era incierta [8], por lo que la geometría y el número de haces empleados eran reducidos. La introducción y desarrollo de determinados elementos, fundamentalmente el empleo de imágenes de CT en combinación (en menor medida) con imágenes de MRI y PET, así como las actuales posibilidades de conformación de haces de tratamiento, basadas en sistemas de colimación multiláminas (MLCs), han permitido la evolución hasta las técnicas de radioterapia conformada 3D (3DCRT) [9-15]. Estas técnicas, habituales en la mayor parte de centros, comprenden generalmente los siguientes elementos [16]:

- Tecnologías de imagen médica tridimensionales de alta calidad, entre las que se encuentran el CT, la MRI, el SPECT (tomografía computarizada por emisión de fotón único) y el PET.
- Sistemas de planificación que permitan trabajar con este tipo de imágenes, y que incluyan herramientas para la delimitación precisa de volúmenes de interés. Asimismo, deben poseer herramientas para optimizar las incidencias de los haces y la conformación de los mismos, permitiendo la exportación de los datos a las unidades de tratamiento.
- Los TPSs deben ser capaces de calcular la dosis a través de algoritmos precisos.
- Se deben poseer utilidades para la correcta evaluación de planes de tratamiento, como histogramas dosis-volumen (DVHs), módulos de visualización anatómicas 2D y 3D, así como determinación de distribuciones de dosis en cualquiera de las modalidades anteriores.
- El posicionamiento del paciente debe ser verificable a través de dispositivos de imagen portal (EPIDs), haciendo posible cuantificar las discrepancias entre las posiciones de tratamiento y planificada, pudiendo corregirlas eventualmente.

En las técnicas de 3DCRT los haces de radiación son colimados en formas altamente irregulares, permitiendo una mayor protección de los tejidos sanos circundantes. La intensidad de los haces, no obstante, es uniforme en toda la sección perpendicular al haz. La combinación de los mismos, con distintos pesos o intensidades, generará distribuciones de dosis aproximadamente uniformes en el interior de los PTVs [10]. Ocasionalmente, pueden emplearse cuñas o compensadores para modificar la intensidad de los haces, con el fin de equilibrar irregularidades presentes en el contorno externo del paciente o lograr una mayor uniformidad en el volumen blanco [17]. Sin embargo, estos

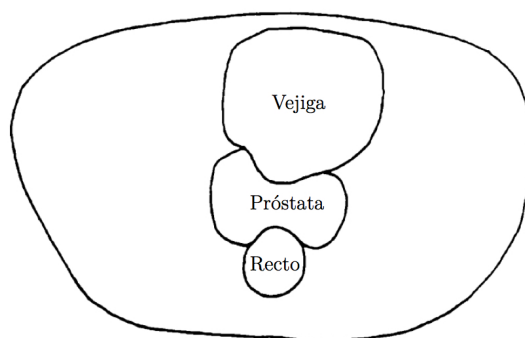


Figura I.1.1: Necesidad de conformación en la patología de próstata, debido a su localización entre el recto y la vejiga.

métodos suelen producir distribuciones convexas de dosis sobre la anatomía del paciente [16]. Muchas patologías, como localizaciones de cabeza y cuello o próstata, requieren depositar sobre el paciente distribuciones de dosis con pronunciadas formas cóncavas (Figura I.1.1), acompañadas de fuertes gradientes en tales zonas. Para alcanzar tales requerimientos los recursos de la 3DCRT resultan, a menudo, insuficientes.

I.1.4. Radioterapia de intensidad modulada (IMRT)

I.1.4.1. Marco conceptual

La radioterapia de intensidad modulada (IMRT) supone la administración de una fluencia no uniforme desde cualquier incidencia del haz de radiación, logrando en muchos casos distribuciones de dosis más optimizadas sobre la anatomía del paciente frente a la 3DCRT [17], como puede observarse en la Figura I.1.2. En esta modalidad, es usual que los criterios de tratamiento necesarios para el proceso de planificación/optimización sean especificados por el usuario, de tal manera que las distribuciones de fluencia óptimas para cada conjunto de incidencias sobre el paciente son determinadas mediante un proceso denominado *planificación inversa*. La implementación clínica de la IMRT requiere de un TPS que posea un módulo de planificación inversa, además de un sistema que permita la administración de tales fluencias no uniformes. Para ello, pueden utilizarse equipos de irradiación especialmente dedicados, como ocurre en los tratamientos de tomoterapia [18]. No obstante, la evolución de los aceleradores tradicionales ha permitido la introducción de dichas técnicas gracias a las capacidades de los MLCs.

Los aceleradores usuales generan haces de fotones de intensidad uniforme mediante el empleo de un filtro aplanador. Posteriormente, tales haces son conformados a geometrías rectangulares con un sistema de mordazas que actúan a modo de colimador secundario (tras el primario, que genera una sección de tamaño fijo). Diversos sistemas han sido implementados con el fin obtener distribuciones no uniformes de fluencia.

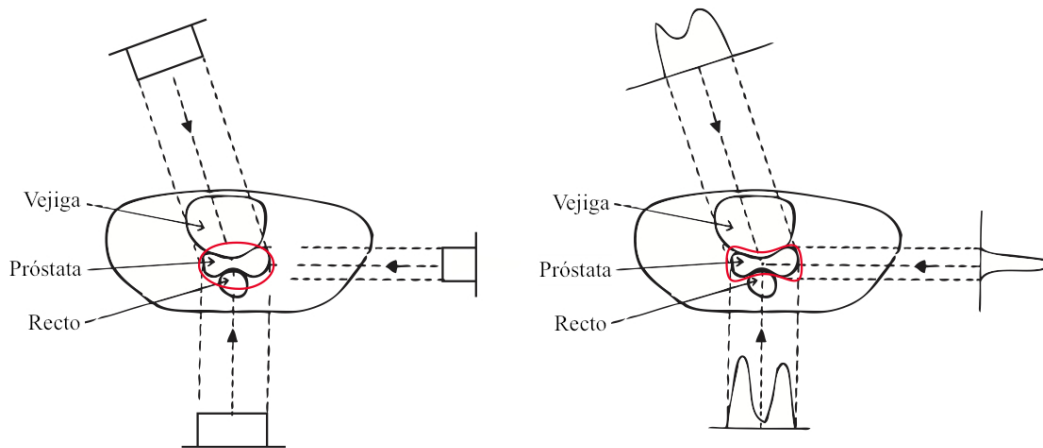


Figura I.1.2: Ejemplo de la capacidad de conformación de la IMRT para un tratamiento con volumen blanco cóncavo. Se muestra una isodosis representativa para el caso de 3DCRT (izquierda) e IMRT (derecha). La conformación de las distribuciones de dosis obtenidas es limitada debido a la capacidad de la técnica. Frente a la intensidad uniforme de la 3DCRT (izquierda), la IMRT permite una mejor protección de los órganos de riesgo, al posibilitar la modulación de intensidad en la sección del haz.

Las cuñas físicas y motorizadas constituyeron los primeros intentos de modificar la intensidad de los haces a lo largo de su sección [16,17]. Estos elementos se han visto mejorados con la introducción de mandíbulas dinámicas, que permiten la generación de cuñas virtuales [19], si bien no son significativamente superiores a las primeras en cuanto a optimización de las distribuciones de dosis. La intensidad puede modularse igualmente mediante el empleo de bloques compensadores [20], siendo esta solución ineficiente en cuanto a tiempos de tratamiento, no adaptándose a los estándares modernos de la IMRT. Los actuales sistemas de colimación multiláminas se constituyen en el medio más eficaz para la implementación de técnicas moduladas en los aceleradores tradicionales, como se ha dicho, ofreciendo distintas modalidades de administración.

I.1.4.2. Modalidades de administración.

Campos estáticos multisegmentados (*step-and-shoot*)

El paciente es tratado mediante múltiples haces (posiciones estáticas de *gantry*), cada uno de ellos dividido en un subconjunto de *minihaces* o *segmentos* con intensidad uniforme. Estos minihaces son conformados por el MLC y administrados en secuencia uno tras otro sin intervención del operador. El haz de radiación es interrumpido mientras que las láminas se mueven para conformar cada uno de estos segmentos y durante el movimiento del brazo entre los distintos haces. El apilamiento de dosis provocado por la acumulación del conjunto de segmentos produce el patrón de modulación de intensidad [21,22]. Este método es ilustrado en la Figura I.1.3.a. Un ejemplo unidimen-

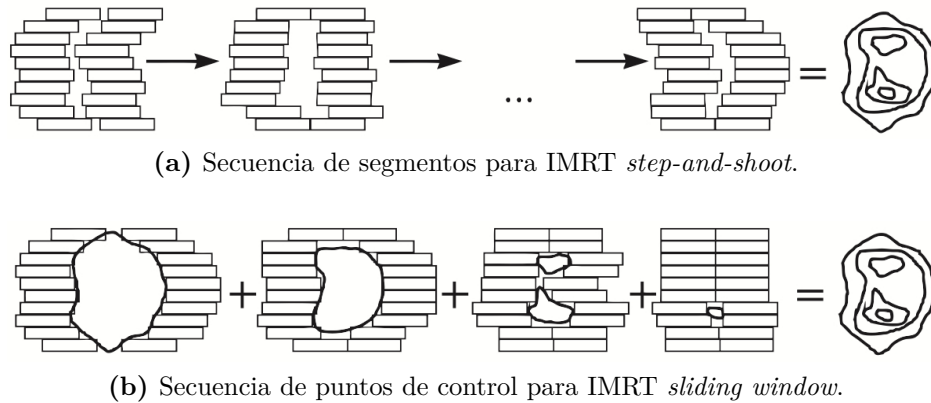


Figura I.1.3: Secuencias de segmentos para dos de las modalidades de IMRT. En la modalidad de *step-and-shoot* la irradiación se detiene entre cada uno de los segmentos. Al contrario, para la administración dinámica *sliding window* el haz permanece irradiando de manera continua mientras las láminas se mueven.

sional puede observarse en la Figura I.1.4, donde una pareja de láminas se posiciona en un número determinado de localizaciones estáticas, mostrando un perfil acumulado de dosis administrada en cada una de las mismas. Esta modalidad se caracteriza por su sencillez desde el punto de vista de su implementación tecnológica. Sin embargo, en aceleradores antiguos, no diseñados específicamente para su administración, pueden encontrarse problemas de inestabilidad debido a los cortos intervalos de tiempo entre arranque y parada del haz, puestos de manifiesto fundamentalmente para segmentos con pocas unidades de monitor (UM). El propio diseño de los MLCs impone restricciones adicionales, en lo referido al posicionamiento de las láminas, puesto que no es posible, en la práctica, cualquier configuración de las mismas. Estas limitaciones, por ello, dependen del fabricante. Entre otras, pueden incluirse la incapacidad de algunos colimadores de cerrar por completo pares de láminas enfrentadas, o la *interdigitación*, donde una lámina se desplaza más allá de la posición del par opuesto adyacente.

Administración dinámica (*sliding window*)

El paciente es tratado, al igual que en la situación anterior, mediante múltiples haces traducidos en posiciones estáticas de *gantry*. Sin embargo, en esta modalidad, el MLC evoluciona dinámicamente entre cada uno de los segmentos, llamados en este caso *puntos de control*, mientras que el acelerador continúa irradiando. El haz de radiación es interrumpido durante el movimiento del brazo entre cada una de estas posiciones estáticas. Respecto de la dinámica del MLC, más pormenorizadamente, las láminas opuestas se mueven simultánea y unidireccionalmente con distinta velocidad en función del tiempo. El tiempo que la apertura del campo de tratamiento permanece abierta permite lograr un patrón de intensidad variable en la sección del mismo. El problema consiste en encontrar los perfiles de velocidad óptima para el movimiento de las láminas, basándose en los criterios de maximizar la velocidad de las mismas y mini-

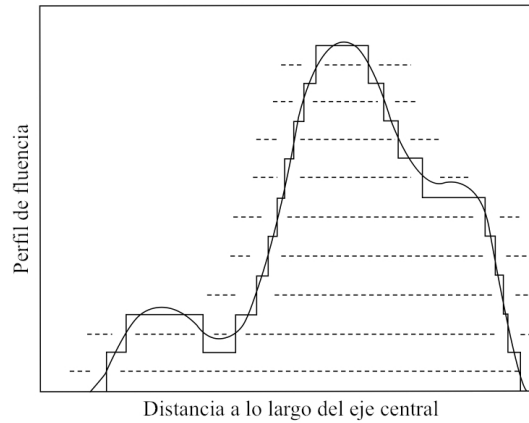


Figura I.1.4: Generación de un patrón de modulación de intensidad unidimensional.

mizar el tiempo de tratamiento [23–25]. Este ejemplo es ilustrado en la Figura I.1.3.b. La introducción de esta modalidad pretende, como es lógico, compensar los tiempos muertos de la administración *step-and-shoot* provenientes de los necesarios para la conformación del colimador entre segmentos y los requeridos para la estabilización del haz.

Arcoterapia de intensidad modulada (IMAT)

Esta técnica emplea las posibilidades dinámicas del MLC para conformar haces mientras el *gantry* de la unidad de tratamiento rota en torno al paciente. El método es similar a la modalidad estática en el sentido en que cada haz (posicionado a lo largo del arco) es subdividido en un número determinado de minihaces de intensidad uniforme, que se superponen para obtener el patrón de modulación de intensidad requerido. Sin embargo, el MLC se configura de forma dinámica para conformar cada minihaz mientras que el gantry está rotando y el acelerador está irradiando, de manera simultánea [26]. Se trata, por tanto, de una superposición de segmentos parciales de arco entre los cuales el MLC se conforma de forma dinámica a intervalos regulares. La modulación de intensidad conseguida a base de esta técnica, así como el número de arcos requerido para alcanzar la finalidad deseada, depende de la complejidad del tratamiento.

I.1.5. Arcoterapia volumétrica modulada (VMAT)

I.1.5.1. Desarrollo histórico

Como ya se ha descrito, las técnicas de IMRT administradas mediante aceleradores convencionales proporcionan mayor conformación de los haces, por lo que se evita irradiar mayor cantidad de tejido frente a la 3DCRT [27–29]. No obstante, están limitadas al empleo de un número finito de haces para la administración del tratamiento. La

tomoterapia helicoidal, por contra, proporciona distribuciones de dosis con un grado de conformación generalmente superior, si bien requiere de dispositivos de administración y TPSs especializados. Ambos tipos de tratamiento incrementan el tiempo de administración frente a las técnicas 3D, pudiendo originar problemas de precisión en el depósito de dosis debido a los posibles movimientos intra-fracción del paciente, además de los inconvenientes radiobiológicos que elevados tiempos de tratamiento pueden conllevar. Asimismo, la extensión de tales tiempos impacta de manera directa sobre de la logística de pacientes en un centro oncológico.

La idea de emplear un acelerador lineal tradicional para tratamientos de IMRT rotacional fue sugerida por primera vez en 1995 [26], con la denominación de arcoterapia de intensidad modulada (IMAT). Esta técnica suponía el empleo de tamaños de campo grandes, aceleradores lineales tradicionales, rotación de *gantry* continua y MLC dinámico. Para crear distribuciones de intensidad modulada, la IMAT era administrada en múltiples arcos solapados. Cada arco permitía un único nivel de intensidad, por lo que era necesario el empleo de varios para alcanzar distribuciones de dosis relativamente moduladas. Las distribuciones de intensidad 2D en cada ángulo eran una composición de haces de radiación múltiples de intensidad uniforme con distintas formas y tamaños. Esta técnica no obtuvo éxito inicialmente, por lo que las terapias moduladas rotacionales quedaron prácticamente reducidas a la tomoterapia helicoidal. Las causas de esta falta de desarrollo pudieron deberse, fundamentalmente, a que ciertos requerimientos podían ser alcanzados únicamente por máquinas Varian. Asimismo, no se contemplaba la posible variación en la velocidad de giro de *gantry*, necesaria para alcanzar el nivel de modulación adecuado sin recurrir a un número excesivo de arcos. En última instancia, no existían algoritmos explícitamente desarrollados para las peculiaridades de esta técnica. Hasta el asentamiento de la modalidad descrita han existido, no obstante, diversos trabajos que han continuado la idea de incorporar terapias rotacionales moduladas al abanico de posibilidades de los aceleradores tradicionales [30–36].

Los desarrollos en las capacidades rotacionales de los aceleradores tradicionales en los últimos años, específicamente la incorporación de la tasa de dosis y velocidad de brazo variables, junto al establecimiento de algoritmos de planificación inversa que las contemplan, han devuelto el interés a la IMRT rotacional [37, 38]. La arcoterapia volumétrica modulada (VMAT) se ha desarrollado partiendo de los principios básicos de la IMAT, incorporando a la misma estas nuevas posibilidades. Durante un tratamiento de VMAT, las láminas del MLC conforman dinámicamente el haz para tratar el PTV por completo en cada rotación, mientras que la tasa de dosis y la velocidad de giro de brazo son variadas de forma continua a medida que éste rota en torno al paciente. Se puede observar una secuencia de puntos de control para un tratamiento de VMAT en la Figura I.1.5, donde se aprecia la variación y adaptación del MLC de forma continua para cada ángulo de *gantry*. El empleo de múltiples arcos superpuestos no es necesario, por tanto, para modular la intensidad [38]. Tanto Elekta como Varian han desarrollado la VMAT en sus aceleradores, con distinto nombre comercial.

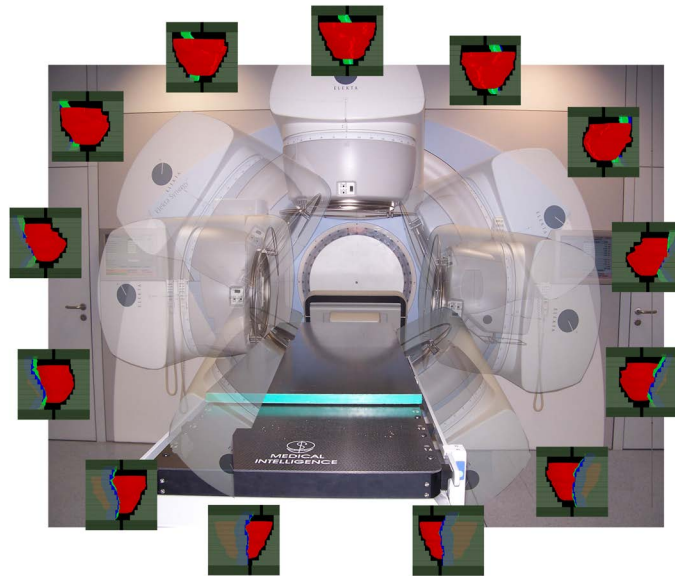


Figura I.1.5: Secuencia de puntos de control para un tratamiento de VMAT de próstata. Se puede apreciar como el MLC evoluciona de forma continua a medida que el ángulo de *gantry* varía.

I.1.5.2. Descripción de la técnica

Se han desarrollado dos aproximaciones en la planificación de tratamientos de VMAT:

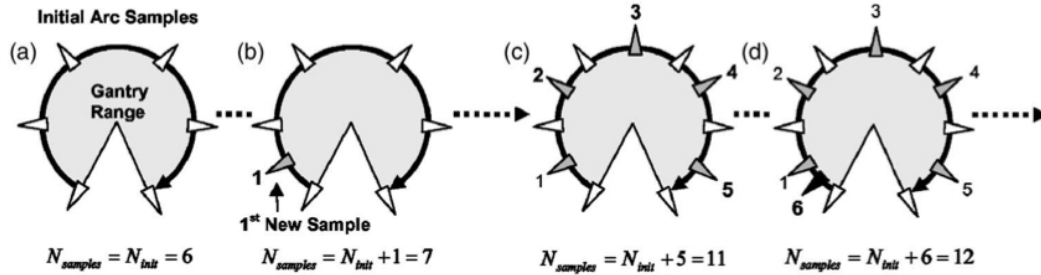
- Aproximación en una única fase, optimizando directamente las posiciones del MLC y los pesos de cada segmento [37].
- Aproximación en dos fases, optimizando inicialmente los mapas de fluencia generados, para convertirlos posteriormente en segmentos de MLC en la secuenciación. [39].

Una breve explicación gráfica de ambos procesos puede observarse en la Figura I.1.6.

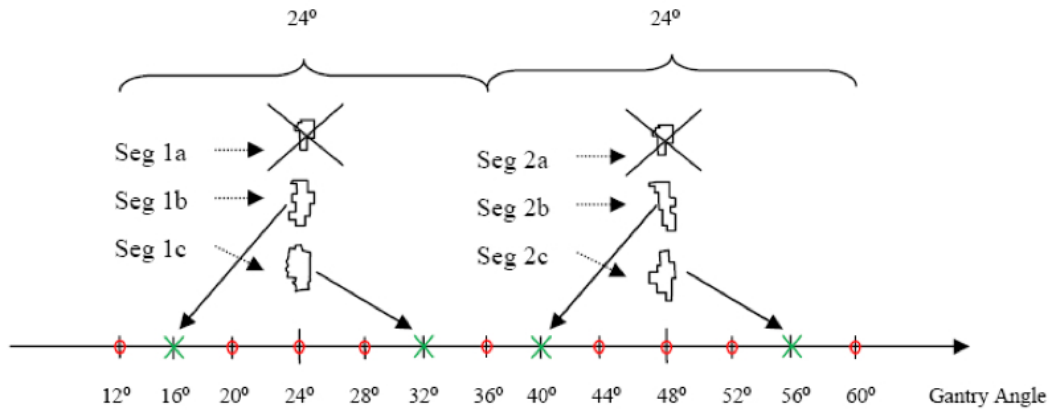
Las componentes clave en la administración de un tratamiento de VMAT son tres:

- Administración rotacional.
- MLC dinámico.
- Tasa de dosis y velocidad de *gantry* variables.

Con el fin de describir estas componentes, es útil su comparación y contraste frente a la IMRT tradicional, de *gantry* estático y la tomoterapia. Aunque esta última y la



(a) Descripción gráfica del proceso de optimización directa. La irradiación con movimiento dinámico de *gantry* y MLC es modelada inicialmente como un conjunto de posiciones estáticas. A medida que la optimización va avanzando, se van introduciendo nuevas posiciones estáticas intermedias, entre las definidas inicialmente, hasta cubrir la rotación completa. Seguidamente, se añade una nueva posición al inicio del ángulo de giro. El proceso se continúa hasta alcanzar la distribución deseada.



(b) Ilustración, mediante un caso particular, del proceso de secuenciación para la optimización en dos fases. Las fluencias optimizadas inicialmente para 24° y 48° pasan a distribuirse en tres puntos de control, uno de los cuáles es eliminado, y los otros dos, reposicionados (cruces). Se crean puntos de control adicionales por interpolación de las posiciones del MLC (círculos). A partir de estos puntos, el proceso de optimización continúa, añadiendo un nuevo conjunto hasta que el espaciado entre los mismos es de 4° .

Figura I.1.6: Procesos de optimización para VMAT. En el primer caso se observa el patrón de obtención de puntos de control para la optimización en una única fase (a). El segundo caso ilustra la labor del secuenciador en un caso particular para el proceso de optimización en dos fases (b). Las figuras han sido tomadas de [37] y [39].

VMAT son modalidades rotacionales, su administración es completamente distinta. La tomoterapia es definida a menudo como terapia en cortes; empleando un haz en abanico, se consigue tratar un corte transversal del PTV con cada rotación de brazo [18]. En la tomoterapia helicoidal, como en el caso del CT análogo, la mesa de tratamiento se mueve en dirección perpendicular al plano del *gantry*, mientras que éste rota en torno al paciente, creando un tratamiento en espiral [40]. Con la VMAT, por contra, el PTV es tratado íntegramente en cada rotación de brazo [41]. Esto implica que la VMAT tiene capacidad de tratar el PTV por completo hasta la dosis requerida por sesión, en un arco único [37]. Dicho de otra manera, mientras que la tomoterapia puede considerarse como una técnica de tratamiento planar, la VMAT lo es volumétrica.

La siguiente pieza clave de la VMAT es el MLC dinámico. Como ya se expuso en el apartado anterior, los planes de IMRT de haz fijo consisten básicamente en un número finito de haces impartidos en ángulos fijos en torno al paciente. Para generar un patrón de fluencia optimizado para cada haz, el MLC puede moverse dinámicamente [25] o en modalidad *step-and-shoot* [42], produciendo distintos segmentos con distintas intensidades para cada haz. La IMRT basada en compensadores no usa MLCs; en su lugar, tal y como se dijo anteriormente, emplea filtros diseñados específicamente para cada ángulo del haz, acoplados al cabezal antes del tratamiento. En la tomoterapia, los haces son optimizados para 51 segmentos de arco en cada corte, y las láminas del MLC binario se abren o cierran durante cierto tiempo a lo largo de cada segmento del arco para modular el haz [18]. Como se deriva de lo anterior, tanto en el caso de la tomoterapia, como de la IMRT de haz fijo, la modulación viene determinada por el tiempo que las láminas permanecen en cada posición. Los tratamientos de VMAT deben emplear MLC dinámico porque el haz irradia continuamente durante todo el tratamiento, mientras que el brazo gira en torno al paciente. Durante un tratamiento de VMAT, las láminas se mueven en función de la posición del *gantry*, no del tiempo [38]. El MLC, por tanto, se reposiciona de manera continua según la posición del brazo en su rotación. Cada ángulo supone un segmento conformado por el MLC. Sin embargo, dado que las láminas no se adaptan simplemente a la forma del PTV, la VMAT debe considerarse como una técnica de intensidad modulada, frente a la 3DCRT.

La administración rotacional del tratamiento añade la flexibilidad de tratar en todos los ángulos, lo que se torna en una gran ventaja para ciertas localizaciones. No obstante, esta flexibilidad viene condicionada, en parte, por el rango de movimiento limitado del MLC por ángulo de *gantry* [37]. Dado que las láminas poseen una velocidad máxima, la distancia que pueden recorrer está ligada a la capacidad que posea el brazo de rotar lentamente. La combinación de los factores anteriores pueden conducir a dosis no deseadas en tejidos sanos. Para poder obtener suficiente resolución al modular la intensidad, sin necesidad de emplear varios arcos solapados [26, 34], la tasa de dosis y la velocidad de *gantry* pueden ser variados a demanda a lo largo de un tratamiento con VMAT [43]. Esto crea una modulación directa del haz impartido, propia de la técnica descrita, frente a la modulación por tiempo de irradiación en cada segmento, descrita anteriormente para la IMRT de haz fijo y la tomoterapia. En conclusión, los trata-

mientos de VMAT consiguen obtener patrones de modulación de intensidad mediante la combinación del movimiento dinámico del MLC unido a la eventual variación de la tasa de dosis y/o la velocidad de rotación del brazo.

I.1.5.3. Ventajas e inconvenientes de la técnica

Las ventajas e inconvenientes de esta modalidad de tratamiento suelen describirse en virtud de las comparaciones con las técnicas relacionadas, esto es, IMRT de *gantry* estático y tomoterapia. No obstante, la mayor parte de las afirmaciones que en este sentido pueden hacerse están más inclinadas del lado de la primera, pues los trabajos que consideran la comparación entre VMAT y tomoterapia no son demasiados, y en muchos casos conducen a afirmaciones polémicas, no estando exentos de conflictos de interés.

Ventajas

- Tiempos de tratamiento:

La principal ventaja de la VMAT es, por lo general, la disminución de los tiempos de tratamiento. Empleando un único arco, el tiempo efectivo de irradiación se reduce al requerido para que la unidad complete una rotación, incluyendo las variaciones en su velocidad. Esta situación puede, por tanto, conducir a tiempos de tratamiento sustancialmente inferiores a los de la IMRT de haz fijo o la tomoterapia helicoidal [44]. Diversos estudios han mostrado tal eficiencia en tratamientos, entre otros, de próstata o de cabeza y cuello (ORL). Así, tratamientos de VMAT con calidad igual o superior al de la IMRT de haz fijo pueden ser administrados en menos de 3 minutos, frente a los 8-12 minutos para la IMRT de haz fijo [39, 45-48]. La disminución del tiempo de tratamiento redunda en el confort del paciente, a la vez que repercute positivamente en la logística de un servicio en lo referido al número de enfermos tratados. Adicionalmente, la posibilidad de disponer de tiempos de tratamiento menores permite aumentar el empleo de técnicas de radioterapia guiada por la imagen (IGRT) con mayor asiduidad, como puede ser el *cone-beam CT* (CBCT), sin sacrificar tiempos totales por paciente.

- Eficiencia en las UM administradas:

La VMAT conlleva una mejora en la eficiencia respecto de la UM administradas, superior a otras formas de IMRT, con la excepción de la basada en compensador. Empleando esta técnica, el PTV puede ser cubierto con la misma dosis empleando menos UM que en IMRT convencional o en tomoterapia helicoidal [48]. Estas últimas basan la modulación, como se dijo, en el tiempo que el haz emplea para irradiar cada segmento. Con estas técnicas, gran parte del haz podría considerarse como desperdiciado, fenómeno acrecentado por la acumulación de campos pequeños. La variación de la tasa de dosis es más eficiente en términos de UM administradas. El estudio de Verbakel *et al.* [45] permite concluir que la VMAT posibilita la disminución en el número de UM respecto de la IMRT de haz fijo

en aproximadamente un 40 % para tratamientos de ORL. El estudio de Bzdusek *et al.* [39] encuentra que las UM disminuyen hasta un 23 % para tratamientos de pulmón, 13 % para todo el cerebro y menos de un 10 % para próstata y amígdalas.

- **Compensación de posibles errores:**

La administración del tratamiento es más robusta cuando se compara la incidencia de pequeños errores en la administración frente a las técnicas estáticas, pues la administración rotacional contribuye a que estos errores de poco calado se diluyan en la dinámica de un arco completo [49, 50].

- **Empleo de altas energías:**

En la IMRT convencional se emplean habitualmente haces de fotones de energías inferiores a 10 MV. Para energías superiores a este umbral, la producción de neutrones con el número de UM aumenta [51]. La eficiencia descrita permite, al menos potencialmente y de forma colateral, emplear haces fotones de energías mayores, reduciendo la probabilidad de aparición de tumores secundarios frente a la misma situación en la IMRT tradicional, dado que los volúmenes de baja dosis encontrados deberían ser menores [52, 53].

Inconvenientes

- **Tamaños de haces limitados:**

Entre los inconvenientes descritos, encontramos tamaños limitados de haces, lo que hace imposible tratar tumores demasiado extensos longitudinalmente (por ejemplo, localizaciones craneoespinales, paradigmáticas en el caso de la tomoterapia helicoidal) sin recurrir al empleo de más de un arco.

- **Complejidad/nivel de modulación de la técnica**

La complejidad de algunos casos requiere del empleo de varios arcos superpuestos para alcanzar el grado de modulación o las distribuciones de dosis dadas [54].

- **Irradiación de mayor cantidad de volumen a bajas dosis:**

Aunque, en general, la radiación secundaria en tejidos sanos fuera del campo de tratamiento se ve disminuida por dispersión y fugas, debido al descenso de las UM, la administración rotacional conlleva la irradiación de una mayor cantidad de volumen.

- **Complejidad en la planificación:**

Los tiempos de planificación/optimización, en general, pueden verse incrementados frente a los de la IMRT de haz fijo [48].

- **Impacto dosimétrico la mesa de tratamiento:**

El empleo de arcos completos para la administración de tratamientos de VMAT conlleva la irradiación de una parte no despreciable del mismo a través de incidencias oblicuas posteriores que atraviesen la mesa de tratamiento. Si bien la

consideración e incorporación del tablero al proceso de planificación es importante en cualquier caso, se hace prácticamente indispensable en el caso de las técnicas volumétricas, pues pueden observarse diferencias de entre el 2 % y el 9 % en dosis para tratamientos rotacionales [55–57].

- Aumento de la complejidad en el control de calidad de la técnica:
Las técnicas volumétricas deben administrarse con una adecuada sincronización entre todos los elementos que contribuyen a la dinámica del tratamiento. Los procedimientos de control de calidad para la IMRT convencional resultan insuficientes de cara al paradigma de las terapias rotacionales. Más aún, la aplicación directa de los estándares de control de calidad individualizado en los tratamientos de IMRT convencional no permite separar la contribución de cada una de las piezas clave de la administración VMAT, enmascarando el resultado de los mismos en cuanto a la naturaleza de eventuales problemas. Se hace necesario, por tanto, una evolución en el control de calidad global de la técnica y, adicionalmente, en el paradigma de las verificaciones aplicadas a los tratamientos de IMRT convencional, que contemplen las peculiaridades propias de la técnica [58].

A modo de conclusión, se puede argumentar que, respecto de la comparación de la VMAT frente a la IMRT tradicional de *gantry* fijo, la mayor parte de los estudios muestran una mejor eficiencia en cuanto a tiempos y UM de la primera frente a la segunda. La comparación entre VMAT y tomoterapia, por otra parte, conduce a trabajos y resultados que pueden considerarse como relativamente controvertidos y que, por tanto, deben tratarse con precaución [38, 59–64]. Este debate puede zanjarse con este último editorial/controversia de Mohan. No puede argumentarse que una técnica sea claramente superior a otra. A lo sumo, cada una de ellas ofrece ventajas e inconvenientes según el punto de vista que se analice. La razón subyacente a la eficiencia en tiempos de la VMAT, no obstante, no está clara. En el caso de la IMRT estática, puede deberse a que el espacio de soluciones de dicha técnica puede estar “degenerado”, en el sentido de que planes más o menos complejos pueden conducir a las mismas distribuciones de dosis. En tomoterapia, por otra parte, los haces son mucho más estrechos que los provenientes de haces generados en aceleradores usuales, por lo que la eficiencia en tiempos de estos últimos parece lógica.

Capítulo I.2

Control de calidad de técnicas moduladas

I.2.1. Necesidad de control de calidad en IMRT

El control de calidad en radioterapia pretende asegurar la correcta absorción de dosis en una localización determinada. La verificación independiente de los cálculos realizados por el TPS constituye una parte fundamental de este proceso de control de calidad. En los tratamientos de 3DCRT, tal verificación ha estado basada tradicionalmente en procedimientos de cálculo manual de unidades de monitor [65–72], puesto que los posibles errores son fácilmente cuantificables dentro de un programa de control de calidad habitual [73].

Aunque la IMRT está incorporándose de forma natural a la cartera de servicios usual de un servicio de oncología radioterápica, sigue considerándose una técnica compleja, que precisa de recursos considerables, tanto materiales como humanos. El uso rutinario de la técnica ha sido ampliamente discutido desde su introducción [74–78]. Tales estudios han puesto de manifiesto la necesidad de implantar programas de garantía de calidad específicos, adaptados a los tratamientos modulados, configurando lo que ha venido a llamarse *verificaciones pre-tratamiento o control de calidad individualizado a paciente*. Estas hipótesis fueron llevadas a la práctica a través de distintos estudios multicéntricos [79, 80], que condujeron a acentuadas diferencias entre los resultados de las instituciones participantes. Las pruebas de control de calidad deben jugar, por tanto, un papel central en la planificación y administración de tratamientos de IMRT. No obstante, no se ha establecido un consenso claro acerca de tales pruebas respecto de la elaboración de un protocolo específico de control de calidad para IMRT. Existen, sin embargo, numerosas recomendaciones en este sentido [76, 81–84]. En la misma dirección, se han estudiado diversas tolerancias y niveles de acción para la técnica [83, 85–87]. Como se viene diciendo, puede concluirse a la vista de todos los estudios previos que, por su complejidad, es necesario verificar diversos parámetros a la hora de implementar las técnicas moduladas, tanto en la fase de planificación, como en la de administración.

I.2.2. Procedimientos aplicados en la verificación de tratamientos de IMRT

Tradicionalmente, la verificación de tratamientos de IMRT ha buscado la comparación de las distribuciones de dosis administradas en el paciente frente a las calculadas por el TPS. Este tipo de procedimientos puede calificarse como *comprobaciones condensadas*. No obstante, y si es posible, para tratamientos complejos conviene desglosar cada una de las fases de la cadena dosimétrica para someterlas a lo que podemos llamar *comprobaciones diversificadas* [69]. Las tecnologías actuales permiten realizar cálculos independientes de dosis en técnicas complejas, conformando un potente procedimiento diversificado de verificación pre-tratamiento. Las rutinas de control de calidad (QA) individualizado a paciente en IMRT deben contemplar, por tanto, dos ámbitos:

- Verificación independiente de la dosis calculada con el TPS.
- Verificación independiente basada en medidas de distribuciones de dosis y posterior comparación con los cálculos del TPS.

La Figura I.2.1 muestra el conjunto de las de las fuentes de error más comunes en radioterapia. Las incertidumbres asociadas al paciente entran dentro del marco de las técnicas de IGRT, quedando su estudio fuera del presente esquema. Los dos aspectos listados previamente deberían abarcar la verificación referida al TPS, parámetros de tratamiento y acelerador. A continuación se describirá brevemente cada uno de ellos.

I.2.2.1. Verificación independiente de la dosis calculada con el TPS

El cálculo redundante de unidades de monitor aplicado a los tratamientos de 3DCRT constituye un proceso habitual dentro de un programa de garantía de calidad. Es natural extender este proceso a los tratamientos de intensidad modulada. Entre otras razones, que se describen a continuación, no puede olvidarse que los requerimientos legales derivados de la transposición de la Directiva 97/43/EURATOM a nuestro marco legal así lo establecen, cristalizando en el Real Decreto 1566/1998, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia, y más en concreto al artículo 15 y a la tabla II.E, recogida en el Anexo II del mismo [88].

Una forma de cumplir con este requerimiento ha consistido en la aplicación de rutinas Monte Carlo para la verificación independiente de los tratamientos [89–91]. La principal limitación de este tipo de técnicas viene dada por el tiempo de cálculo. Otras soluciones están basadas en algoritmos más sencillos [92], como métodos de Clarkson modificados [93], y extensiones que incluyan la dispersión en el cabezal [94–98], siendo incluidas en diversas implementaciones comerciales.

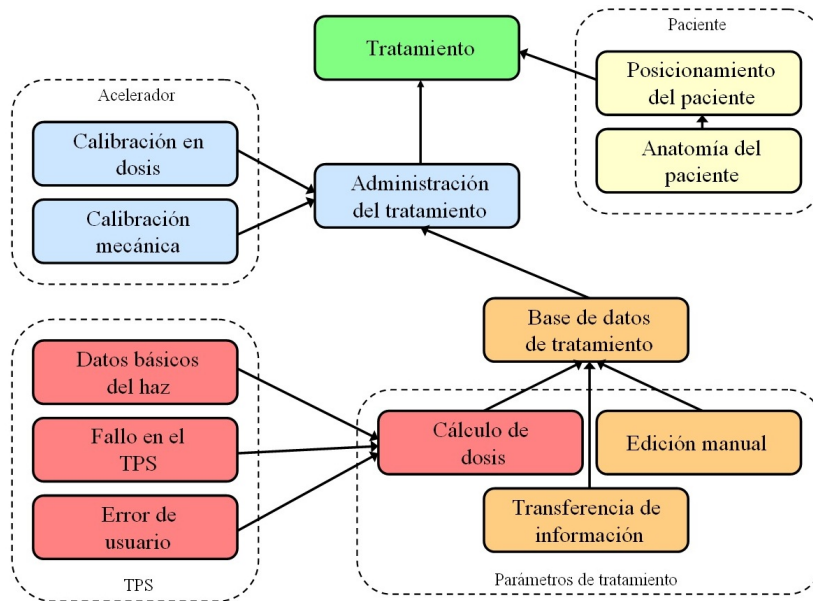


Figura I.2.1: Fuentes de error comunes en radioterapia. Cada cuadro representa una fuente de error, agrupadas según el nivel al que ocurren, así como su vía de propagación. La figura ha sido adaptada de [69].

I.2.2.2. Verificación independiente basada en medidas de distribuciones de dosis y posterior comparación con los cálculos del TPS

Tal verificación permite asegurar el correcto flujo de información desde la generación de los planes de tratamiento en el TPS hasta la administración de los mismos en la unidad de tratamiento, a través de la red de registro y verificación. El método usual para implementar esta modalidad de QA consiste en la comparación de distribuciones de dosis medidas con diversos conjuntos de detectores/maniqués, de geometrías usualmente regulares, con aquéllas calculadas por el TPS en las mismas condiciones [76,83].

Verificaciones puntuales

Dentro del abanico de posibilidades abierto, la verificación de valores puntuales de dosis constituye una de las opciones. Generalmente, consiste en la irradiación del tratamiento sobre un maniquí de geometría regular en el que se encuentra insertada una cámara de ionización de pequeño volumen que permite la adquisición del valor de dosis absoluta en un punto representativo (alta dosis y bajo gradiente de dosis [83]). Se pueden observar dos de las múltiples soluciones que el mercado ofrece comercialmente para este tipo de medidas en la Figura I.2.2. Esta medida se compara con un cálculo realizado en el TPS bajo las mismas condiciones. Es necesario tener en cuenta que, en muchos casos, con haces de IMRT las condiciones de medida se alejan de las de



Figura I.2.2: Dos de los múltiples maniqués empleados en la medida de dosis puntual con cámara de ionización para el QA individualizado de técnicas moduladas. A la izquierda puede observarse, adicionalmente, una película radiocrómica insertada en el maniquí.

referencia. Las medidas se verán afectadas por posibles variaciones en los cocientes de los poderes de frenado agua/aire ($s_{w,air}$) o por factores de perturbación que corrijan los efectos de promediado en fluencia, entre otros [83]. La elección del punto de medida es importante. Las diferencias pueden alcanzar valores de hasta el 9 % para medidas en las zonas de penumbra [99–102]. Es necesario emplear cámaras de pequeño volumen, puesto que el factor de perturbación introducido por la cámara puede ser hasta del 10 % para haces modulados [102]. No obstante, el empleo de cámaras de ionización pequeñas se ve afectado, en ocasiones, por correcciones por fugas importantes [99], que deben tenerse en consideración.

Verificaciones unidimensionales

Aunque los detectores lineales han sido usados fundamentalmente en dosimetría física, para control de calidad de máquina, su uso ha sido también investigado en aplicaciones de IMRT [103]. No obstante, las verificaciones más generalizadas en la práctica clínica son las bidimensionales, que se verán a continuación.

Verificaciones bidimensionales

Es igualmente común la medida y posterior comparación de una o varias distribuciones de dosis planares. El sentido de este tipo de análisis proviene de la peculiaridad en la modulación de intensidad de una haz de IMRT, que ocurre en un plano ortogonal a la dirección del mismo, siendo la variación en dosis con la profundidad menos específica. Existen diversos sistemas empleados para tal fin:

- Películas radiográficas:
Las películas radiográficas han sido empleadas como dosímetros prácticamen-

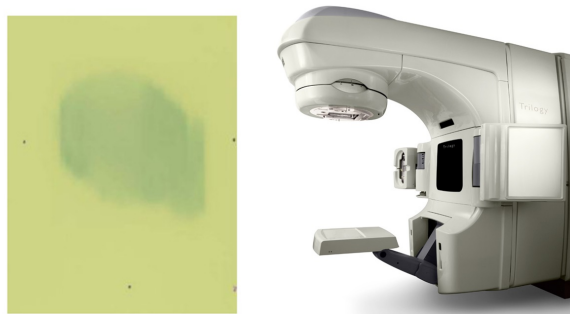
te desde su introducción en la disciplina clínica. Aunque poseen una resolución espacial envidiable por otro tipo de detectores, adolecen de una serie de inconvenientes que han limitado su uso actual frente a otros sistemas. En primer lugar, se encuentra la dificultad que supone el proceso de revelado, tanto en tiempos de análisis, como en su influencia sobre la calibración del sistema. Adicionalmente, no todos los modelos pueden recoger irradiaciones de hasta 2 Gy sin alcanzar la saturación. Por otra parte, la película radiográfica no es equivalente a agua, debido a la presencia de plata en su composición. Este hecho deriva en una importante dependencia de la sensibilidad del detector con la energía de la radiación incidente. Tal situación implica que la sensibilidad dependerá de la profundidad y de los tamaños del campo y del maniquí [83]. Además, a lo largo de la verificación de un tratamiento de IMRT, la variación en la incidencia de los haces sobre la película conlleva un cambio en el espectro del haz de fotones sobre la misma, introduciendo una dependencia espacial de la sensibilidad [104–107]. No obstante, con una calibración adecuada [107–110], las películas radiográficas constituyen un método preciso para la verificación de distribuciones planares de dosis [111].

- Películas radiocrómicas:

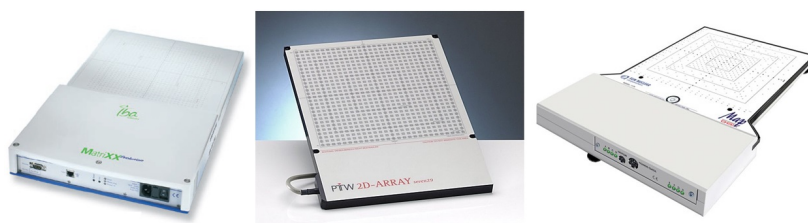
El empleo de estos detectores permite superar el inconveniente del proceso de revelado de las anteriores. Asimismo, son equivalentes a tejido, lo que elimina la dependencia energética de su respuesta. Su uso en las verificaciones de tratamientos de IMRT ha sido sobradamente estudiado [112–119]. La principal fuente de incertidumbre en su calibración puede provenir del proceso de escaneo, también considerablemente estudiada [112, 120–122]. Son detectores, por tanto, ampliamente empleados en las medidas de tratamientos modulados, si bien su principal inconveniente radica en el aumento en los tiempos del análisis, proveniente fundamentalmente del proceso de escaneo.

- Sistemas de imagen portal (EPIDs):

Aunque los EPIDs han sido desarrollados para evaluar el posicionamiento del paciente mediante la adquisición de imágenes de megavoltaje antes o durante el tratamiento del paciente, pueden emplearse igualmente con fines dosimétricos, puesto que la información de la imagen puede ser relacionada con la dosis depositada en el panel. Los actuales *flat panels* de silicio amorfo han sido ampliamente estudiados con fines dosimétricos [123–128], específicamente en lo referido a la verificación de tratamientos de IMRT [86, 129–133]. El primer problema notable que presenta la verificación empleando EPIDs es el *ghosting* o señal adicional tras la irradiación, especialmente significativo en el caso de las verificaciones de IMRT [125, 128]. El segundo problema viene dado por una dependencia energética en su respuesta, análoga a las películas radiográficas, lo que conlleva nuevamente una relación de la respuesta con el tamaño de campo y la profundidad. Ambos parámetros son cuantificables y solubles con las calibraciones adecuadas. La gran ventaja de este tipo de detectores, frente a los anteriores, es la eficiencia en cuanto a tiempos de medida y análisis.



(a) Dos de las técnicas empleadas en las verificaciones bidimensionales. A la izquierda se puede observar una película radiocrómica. A la derecha, un acelerador con el EPID desplegado.



(b) Algunos de los *arrays* 2D empleados en la verificación de tratamientos de intensidad modulada.

Figura I.2.3: Algunos de los detectores más empleados en la verificación bidimensional de tratamientos modulados, tal y como se han descrito en el texto.

■ Matrices bidimensionales de detectores:

En la misma línea que los EPIDs, la generalización en el empleo de las técnicas moduladas sugieren la introducción de nuevos sistemas, más rápidos y eficientes que las películas radiográficas/radiocrómicas. Los *arrays* o matrices bidimensionales de detectores presentan la ventaja de disponer de información dosimétrica de forma rápida, incluso *on-line* en muchos casos. A lo largo de los últimos años se han desarrollado multitud de sistemas, basados fundamentalmente en dos tecnologías detectoras: cámaras de ionización y detectores de semiconductor [134-141]. La física del proceso de detección determina las propiedades dosimétricas del detector, siendo las más importantes la linealidad en dosis, la dependencia con la energía, la dependencia direccional y la respuesta en dosis por pulso. Esta última característica es crucial en el caso de los tratamientos modulados, pues contienen multitud de cambios en la fluencia del haz en cortos periodos de tiempo [142]. Otro parámetro decisivo es la resolución espacial de este tipo de detectores y su relación con el espaciado entre cada elemento detector [143,144], lo que constituye su principal limitación.

Algunos de estos detectores pueden observarse en la Figura I.2.3. Los detectores bidimensionales han conformado tradicionalmente el grueso del control de calidad in-

dividualizado a paciente en IMRT. Multitud de estudios han presentado las tolerancias y niveles de acción empleados en la verificación de tratamientos de IMRT mediante alguno de estos métodos [83, 145–149]. La comparación de distribuciones de dosis suele implicar análisis basados en el índice gamma [150, 151] (Apéndice V.B), siendo las condiciones más habituales $\Delta D = 3\%$ en dosis y $\Delta d = 3\text{ mm}$ en distancia [139, 149].

Verificaciones tridimensionales

Los sistemas de dosimetría 3D se están introduciendo en la práctica clínica en los últimos años, constituyendo el objeto de estudio del presente trabajo. Serán, por tanto, discutidos pormenorizadamente en el resto del mismo. Sin embargo, antes de la introducción de estos sistemas, la dosimetría con geles se ha constituido en la forma más directa para la adquisición y verificación de distribuciones tridimensionales de dosis. Los dosímetros de gel actuales consisten en una gelatina dopada con monómeros que polimerizan con la absorción de radiación ionizante [152]. Las imágenes de MRI permiten realizar una adquisición cuantitativa de la distribución de dosis a partir de la relación entre R2 (el recíproco del tiempo de relajación T2) y la dosis absorbida. Los dosímetros de gel se conforman, al menos potencialmente, como detectores ideales. Proporcionan información 3D integrada de la distribución espacial de dosis. Adicionalmente, son equivalentes a agua, y permiten el diseño de maniqués de cualquier geometría [153]. Sin embargo, la dosimetría es compleja y laboriosa, sobretodo al tratar de implementarla de forma rutinaria para el QA individualizado a paciente. Su uso suele ir encaminado a fases de verificación pre-clínica, como el comisionado del TPS, o la aplicación de la IMRT a una nueva localización [154, 155].

I.2.3. Métricas clásicas aplicadas al control de calidad individualizado en VMAT

Las técnicas volumétricas, como una forma adicional de tratamientos de intensidad modulada, requieren de un control de calidad pre-tratamiento. Desde su introducción, las modalidades clásicas de verificación individualizada, descritas anteriormente, han sido aplicadas a la técnica VMAT: películas radiográficas/radiocrómicas [156–159], sistemas de imagen portal [160–163], matrices bidimensionales de detectores [164–167] y dosímetros de gel [168, 169].

Dentro del abanico de técnicas moduladas, la VMAT probablemente se constituye en la más exigente respecto del rendimiento que se pretende extraer de los equipos empleados en el QA individualizado [170], dado que es clave una correcta relación y sincronización de todos los parámetros variables durante la administración de un tratamiento volumétrico. Se ha investigado la viabilidad en la incorporación de detectores habituales en el control de calidad en IMRT, como son las matrices bidimensionales, a la rutina de QA individualizado en VMAT cumpliendo con el requisito anterior. El empleo de *arrays* de detectores resulta adecuado si su uso se ve complementado con



Figura I.2.4: Detectores diseñados específicamente para el QA individualizado aplicado a tratamientos volumétricos. A la izquierda se muestra un *array* cilíndrico, con los detectores situados en disposición helicoidal (ArcCHECK, Sun Nuclear). A la derecha pueden observarse dos matrices planas cruzadas y unidas en un único conjunto (Delta⁴, ScandiDos).

aditamentos adecuados que permitan extraer la mayor cantidad de información posible acerca de la dinámica del tratamiento [171, 172]. Este tipo de soluciones permite efectuar un tránsito sencillo de las técnicas habituales, empleadas para la IMRT tradicional, a las técnicas volumétricas, sin sufrir un cambio de paradigma en el modelo aplicado habitualmente. Además, y fundamentalmente, permite amortiguar las consecuencias de la fuerte inversión económica que resultaría de la adquisición de nuevo equipamiento para estos fines.

Como se acaba de decir, el desarrollo de los tratamientos volumétricos ha incorporado equipamiento específicamente desarrollado para este tipo de técnicas [58, 173–175], como podemos observar en la Figura I.2.4, si bien su estudio queda fuera del marco del presente trabajo. El objetivo de estos nuevos detectores consiste en extraer la mayor cantidad de información en volumen posible, relacionándola adecuadamente con la dinámica del tratamiento. En la misma línea, los aditamentos acoplados a las matrices bidimensionales buscan ir un paso más allá de la simple información planar, evolucionando hacia la información en volumen.

I.2.4. Insuficiencia de las métricas clásicas

Las métricas clásicas, descritas en las secciones previas y aplicadas tanto al control de calidad en IMRT como en VMAT, adolecen, sin embargo, de una serie de limitaciones. Por un lado, los sistemas de verificación independiente o redundante de la dosis calculada con el TPS suelen asumir situaciones simples, como geometrías homogéneas o cálculos en un número reducido de puntos [83, 176–178]. La información que suministran carece, por tanto, de relevancia clínica. Asimismo, la implicación que poseen las técnicas habituales de control de calidad pre-tratamiento basadas en medidas a la hora de predecir errores dosimétricos clínicamente relevantes sobre el paciente no ha

sido establecida; dicho de otra manera, no ha sido demostrada la correlación entre la concordancia/discrepancia en las comparaciones de dosis descritas previamente y la correcta/incorrecta administración del tratamiento de IMRT [139, 179-184]. Pueden plantearse situaciones donde no se alcancen los criterios exigidos, por ejemplo, en un análisis gamma, pero el impacto clínico de dicha situación sea despreciable (*falsos positivos*); y situaciones inversas donde, cumpliéndose los criterios de un análisis gamma, existan errores clínicamente relevantes en la dosis depositada sobre el paciente (*falsos negativos*). Se hace necesario, por tanto, enlazar y correlacionar adecuadamente los resultados de las medidas y análisis realizados en el control de calidad individualizado a paciente en IMRT con el impacto de posibles errores durante la administración real de los tratamientos, en base al empleo de nuevas métricas.

I.2.5. Nuevas métricas

El objetivo que persigue la introducción de nuevas métricas en el control de calidad pre-tratamiento es dotar de capacidad predictiva real al mismo. Por esta razón, tales métricas deben poseer relevancia clínica. Esta metodología debe incorporarse satisfactoriamente a las dos ramas descritas para el QA individualizado, tanto la verificación redundante de la dosis calculada por el TPS, como a las comprobaciones basadas en medidas. El sustrato en el que deben asentarse debe ser la estimación de dosis al paciente partiendo de las medidas propias del control de calidad. Si, a partir de las medidas, es posible reconstruir la dosis sobre la anatomía del paciente (esto es, sobre su CT), entonces será viable la extracción de parámetros clínicamente relevantes, como puedan ser DVHs. En este sentido, las verificaciones redundantes deben enmarcarse bajo los mismos criterios. Recientemente han surgido sistemas que permiten fijar criterios de aceptación de tratamientos modulados a partir de métricas basadas en DVHs. Tales sistemas son capaces de estimar errores en la administración de dosis a paciente partiendo de medidas adquiridas con alguno de los detectores descritos previamente, esto es, EPIDs [185], matrices bidimensionales [186, 187] o detectores específicos para tratamientos volumétricos [188-190]. Estas consideraciones se están incorporando de la misma manera a la verificación redundante de tratamientos modulados, considerando métricas con relevancia clínica [191, 192].

Las métricas basadas en parámetros dosis - volumen han sido empleadas tradicionalmente para evaluar la calidad de un plan de tratamiento de radioterapia. Esta ventaja les ha permitido introducirse como la primera herramienta derivada de la aplicación del control de calidad 3D a tratamientos de intensidad modulada, como se ha visto en las secciones previas. Los criterios dosis - volumen, no obstante, podrían o deberían ser reemplazados, o al menos complementados, con índices biológicos [193]. Esta inquietud ha sido expresada recientemente en documentos de referencia [84, 194]. Los datos y parámetros de respuesta radiobiológicos, como la dosis equivalente uniforme generalizada (gEUD) [195, 196], la probabilidad de control tumoral (TCP) [197-199] o la probabilidad de complicación en tejido sano (NTCP) [200-206], pueden ser igualmente

obtenidos a partir de la información derivada de los DVHs. De esta forma, las métricas radiobiológicas pueden incorporarse al proceso de control de calidad individualizado pre-tratamiento como evaluadores adicionales. Las métricas dosis - volumen pueden ofrecer, desde cierto punto de vista, un comportamiento binario. Se asume que un efecto puede ocurrir si un determinado punto del DVH pasa por encima de otro punto representativo en el espacio dosis - volumen, y no ocurrirá si pasa por debajo. Este comportamiento basado en umbrales supone una aproximación a la situación clínica real, relacionada con los procesos biológicos. Por contra, las métricas radiobiológicas basadas, por ejemplo, en modelos de TCP y NTCP permiten estimar probabilidades derivadas de la información dosis - volumen y del comportamiento de los tejidos irradiados. Este aspecto es ventajoso, por ejemplo, en situaciones que requieren del cumplimiento de varios criterios dosis - volumen, pues permiten condensar la información en un único parámetro probabilístico, lo que constituye una poderosa herramienta para la evaluación y comparación de un conjunto de planes de tratamiento. No es, por tanto, despreciable la potencial ventaja que supone la incorporación de tales evaluadores al control de calidad individualizado de tratamientos modulados.

Capítulo I.3

Cáncer de próstata y tratamiento radioterápico

I.3.1. Fisiología y anatomía prostática

La próstata es una glándula localizada a nivel pélvico, situada tras el pubis, delante del recto e inmediatamente inferior a la vejiga. Presenta una forma aproximadamente triangular, con la base situada superiormente y el ápex a nivel inferior. Se encuentra envuelta por una cápsula externa a excepción del ápex, donde la próstata se introduce en el diafragma urogenital. Forma parte del aparato reproductor. Los conductos deferentes transportan los espermatozoides desde los testículos hasta la uretra prostática durante la eyaculación. Las vesículas seminales generan el líquido seminal, vaciando sus secreciones, junto a los conductos deferentes, a la uretra prostática.

Está irrigada por tres vasos procedentes de la arteria ilíaca interna:

- Hemorroidal media.
- Pudenda interna.
- Genitovesical.

El sistema venoso emerge principalmente de las caras laterales. Las venas más voluminosas son las lateroprostáticas, que se unen a las vesiculodeferenciales, constituyendo junto a las vesicales la vena genitovesical, que afluye finalmente a la hipogástrica. Posterolateralmente, en íntimo contacto con la glándula, discurren los paquetes neurovasculares con los nervios cavernosos o pudendos internos, determinantes en la erección y continencia. Su lesión durante la cirugía puede provocar, en mayor o menor grado, impotencia e incontinencia. La próstata envuelve a la primera porción de la uretra, por lo que cualquier proceso patológico de la glándula puede afectar a la micción.

Posee una morfología similar a una castaña. Su tamaño es variable con la edad, siendo las dimensiones promedio normales de unos 4 cm de largo y 3 cm de ancho. Para éstas, su peso ronda los 20 gramos. Cada 5 gramos pueden relacionarse con una

unidad de antígeno específico de próstata (PSA), por lo que una hiperplasia simple de próstata puede cursar con un aumento del PSA. La hiperplasia puede clasificarse en cuatro grados según volumen/peso:

- Grado I: 30 gramos.
- Grado II: 30 - 50 gramos.
- Grado III: 50 - 80 gramos.
- Grado IV: > 80 gramos.

La próstata esta constituida por tejido fibromuscular (30 %) y por elementos glandulares (70 %). Se pueden diferenciar cuatro zonas anatómicas y funcionales diferentes [207]:

- Zona de transición: Aquella donde se desarrolla el adenoma o hiperplasia de próstata. En ella pueden ocurrir aproximadamente un 20 % de los carcinomas prostáticos (adenocarcinomas).
- Zona central: Relativamente persistente al desarrollo de enfermedades. En aproximadamente un 5 % de las ocasiones puede desarrollar enfermedades malignas en los conductos.
- Zona periférica: Situada en la zona posterior. En ella suelen desarrollarse los adenocarcinomas de próstata en un 75 % de las ocasiones.
- Estroma fibromuscular anterior: Porción de tejido glandular donde raramente se asientan enfermedades malignas.

I.3.2. Epidemiología del cáncer de próstata

La incidencia del cáncer de próstata (CP) aumenta con la edad. La mínima de riesgo son los 40 años. La mediana en el caso de España son los 74 años.

Los países escandinavos presentan la mayor tasa de incidencia [208]. En Norteamérica, la población afroamericana refiere la mayor tasa de incidencia, duplicando a la de la población blanca. La incidencia decae en las razas indias y asiáticas. La dieta puede ser un factor determinante, si se observa el mayor consumo de antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados e isoflavonas en las poblaciones menos afectadas [209]. Está por aclarar si la incidencia puede estar relacionada con una mayor concentración de testosterona u hormonas con efecto androgénico o de 5 α -reductasa en sangre o tejidos. Los pacientes de color, independientemente de su acceso a la sanidad, planes de cribado o comorbilidad, presentan un peor pronóstico respecto del CP [210].

La población cirrótica presenta una menor incidencia de CP, debido a la mayor concentración de estrógenos frente a andrógenos. La progresión de la enfermedad está

influenciada por estos últimos, objetivándose regresiones tras castración médica y quirúrgica. No se ha podido relacionar, al menos por el momento, la mayor concentración de hormonas sexuales con el origen o mayor riesgo de desarrollo de CP [211].

La población con sobrepeso presenta mayores tasas de CP debido a alteraciones de la conversión hormonal en el tejido graso, así como mayores concentraciones en hormonas esteroideas y de factor de crecimiento insulínico (IGF). Los pacientes con sobrepeso presentan una probabilidad más elevada de morir por la enfermedad, debido a la mayor concentración de péptido-C [212]. Las dietas ricas en grasa contribuyen a la mayor concentración de andrógenos y estrógenos en sangre, por lo que conllevan un aumento de la incidencia de la enfermedad [209]. Por tanto, los individuos con dietas ricas en carne roja y ácidos grasos saturados presentan mayor incidencia de CP frente a la menor presente en individuos con dietas ricas en fibras y ácidos grasos poliinsaturados. Dietas ricas en vitamina D, zinc, isoflavonas, carotenos y licopenos podrían disminuir el riesgo de desarrollar la enfermedad [213]. Dietas ricas en cadmio y vitamina A incrementan el riesgo de padecerla [214].

Estudios recientes sugieren que las estatinas pueden actuar previniendo el desarrollo y progresión del CP, aunque su papel está por aclarar, puesto que su uso prolongado está asociado a un severo incremento en la probabilidad (del 50 % al 80 %) de desarrollar la enfermedad en pacientes obesos [215,216].

Los fármacos que alteran la hemostasia pueden incidir sobre el crecimiento y la diseminación metastásica tumoral. El control bioquímico y la mortalidad puede ser mejorado con el uso de aspirina [217].

El papel de la enzima 5α -reductasa en la prevención del CP supone una reducción de un 23-25 % de probabilidad de desarrollar la enfermedad. Esta reducción se presenta para el CP de bajo grado (Gleason ≤ 6), puesto que en los casos de alto grado (Gleason 8-10) se registra un incremento [218,219].

I.3.3. Historia natural del cáncer de próstata

La neoplasia de próstata supone el 13-15 % de todos los tumores (excepto piel no melanoma). Encabeza, en los países desarrollados, los primeros puestos en cuanto a incidencia en el sexo masculino, junto a la neoplasia de pulmón [220]. En España constituye la tercera causa de mortalidad por cáncer tras la patología de pulmón y colorrectal [221]. La mayor incidencia se registra entre los 65-74 años, siendo la tasa de mortalidad más elevada en el intervalo entre 75-84 años [208]. El 75 % de los casos afecta a mayores de 65 años.

La incidencia se ha duplicado en los últimos años con la introducción de la determinación del PSA, junto a campañas de información y diagnóstico precoz, así como al envejecimiento de la población. Más del 90 % de los casos se diagnostican en estadio localizado o regional. Se estima que la supervivencia relativa a los 5 años de pacientes con enfermedad organoconfinada es del 100 %, mientras que es únicamente del 31.9 % si

Tabla I.3.1: Sumatorio de gradación de Gleason y pronóstico.

<i>Sumatorio de gradación</i>	<i>Pronóstico</i>
2-4	Buen pronóstico
5-6	Pronóstico intermedio
7	Pronóstico intermedio (3+4)
	Mal pronóstico (4+3)
8-10	Mal pronóstico

se presenta de forma metastásica. Como se ha dicho, el CP se presenta entre la tercera y la cuarta década de vida, aumentando su incidencia posteriormente. Entre el 15-40 % de los varones mayores de 50 años y el 60-80 % de los mayores de 80 años pueden presentar la enfermedad. A la vista de lo anterior, muchos pacientes tienen periodos de progresión subclínica desde focos microscópicos durante un tiempo aproximado de 30 años. Este periodo se continuará con una progresión clínica potencial, de aproximadamente otros 15 años, hacia la diseminación metastásica y la muerte. Existe, por tanto, un amplio periodo de tiempo en el que la enfermedad es curable, sobretodo en pacientes de bajo riesgo con pequeño volumen tumoral [222].

I.3.4. Histología y diagnóstico inicial

Entre el 90-95 % de los CP corresponden al tipo histológico de adenocarcinoma, con sus posibles variantes. La neoplasia intraepitelial prostática se haya asociada a la enfermedad entre un 50-100 % de los casos, por lo que su presencia en la muestra de biopsia es motivo de repetición de la misma [223]. El CP es un tumor heterogéneo con distintos patrones de crecimiento en la misma muestra. El pronóstico de la enfermedad viene determinado por el sumatorio de los dos patrones predominantes (primario y secundario). El sumatorio final constituye el grado de diferenciación de Gleason. El resultado de tal suma se encuentra entre 2 y 10 [224,225]. La relación entre el pronóstico y esta escala se encuentra reflejada en la Tabla I.3.1.

El CP se estadia en función de su TNM (hallazgos clínico-radiológicos), la gradación de Gleason en la biopsia y los niveles de PSA en plasma. Pacientes con niveles de PSA superiores a 2.5 ng/ml tienen una probabilidad de detección de cáncer de próstata en la biopsia del 20 %, incrementada al 50 % si el PSA es superior a 10 ng/ml [226]. Su sensibilidad y especificidad en el CP incipiente es baja, puesto que existen muchos falsos positivos y negativos [227]. Su valor varía con la edad, el sobrepeso y los ritmos circadianos hasta en un 20 %. La hiperplasia benigna de próstata (HBP) puede aumentar las cifras de PSA, por lo que la diferenciación del valor proveniente de un CP debe venir dada por el cociente PSA libre/total [226], como puede observarse en la Tabla I.3.2.

Tabla I.3.2: Cociente PSA y significancia clínica.

<i>PSA</i>	<i>Cociente PSA libre/total</i>	<i>Situación</i>
< 4 ng/ml	> 0.2	Normalidad
4-10 ng/ml	> 0.2	HBP
4-10 ng/ml	< 0.2	Sospecha CP
> 10 ng/ml	< 0.2	CP

HBP: hiperplasia benigna de próstata; CP: cáncer de próstata.

Tabla I.3.3: TNM de próstata en la edición de 2010.

<i>Categoría</i>	<i>Estadificación</i>	<i>Descripción</i>
T	TX	El tumor primario no se puede evaluar
	T0	No existe evidencia de tumor primario
	T1	El tumor primario es clínicamente inaparente, no palpable o visible por imagen
	T1a	Observación histológica secundaria, ≤ 5 del tejido resecado
	T1b	Observación histológica secundaria, > 5 del tejido resecado
	T1c	Tumor identificado por biopsia con aguja
	T2	Tumor confinado a la próstata
	T2a	$\leq 1/2$ lóbulo
	T2b	> 1 solo lóbulo
	T2c	Ambos lóbulos
	T3	Extensión del tumor fuera de la cápsula
	T3a	EEC unilateral, bilateral o invasión microscópica del cuello vesical
	T3b	Afectación de las vesículas seminales
N	NX	No se pueden evaluar los ganglios regionales
	N0	No existen metástasis ganglionares regionales
	N1	Metástasis en ganglios linfáticos regionales
M	MX	No se pueden evaluar las metástasis a distancia
	M0	No existen metástasis a distancia
	M1	Presencia de metástasis a distancia
	M1a	Metástasis a distancia en ganglio(s) linfático(s) no regionales
	M1b	Metástasis a distancia en hueso(s)
	M1c	Metástasis a distancia en otra(s) localización(es) con o sin afectación ósea

EEC: extensión extracapsular.

Tabla I.3.4: Grupos pronósticos. Cuando ni PSA ni Gleason están disponibles, la clasificación se realiza en función del TNM, o sólo con PSA/Gleason y TNM si únicamente uno de los dos primeros está disponible.

<i>Estadio</i>	<i>TNM</i>	<i>PSA</i>	<i>Gleason</i>
Estadio I	T1a-c N0 M0	< 10	≤ 6
	T2a N0 M0	< 10	≤ 6
	T1-2a N0 M0	Desconocido	Desconocido
Estadio IIA	T1a-c N0 M0	< 20	7
	T1a-c N0 M0	≥ 10 y < 20	≤ 6
	T2a-b N0 M0	< 20	≤ 7
	T2b N0 M0	Desconocido	Desconocido
Estadio IIB	T2c N0 M0	Cualquiera	Cualquiera
	T1-2 N0 M0	≥ 20	Cualquiera
	T1-2 N0 M0	Cualquiera	≥ 8
Estadio III	T3a-b N0 M0	Cualquiera	Cualquiera
Estadio IV	T4 N0 M0	Cualquiera	Cualquiera
	Cualquier T N1 M0	Cualquiera	Cualquiera
	Cualquier T/N M1	Cualquiera	Cualquiera

Tabla I.3.5: Grupos de riesgo en el cáncer de próstata.

<i>Grupos de riesgo</i>	<i>TNM</i>	<i>Gleason</i>	<i>PSA (ng/ml)</i>
Bajo	T1-T2a	2-6	< 10
Intermedio	T2b	7	10-20
Alto	$\geq T2c$	8-10	> 20

I.3.5. Sistemas de clasificación y grupos de riesgo

El TNM es el sistema de clasificación más empleado. La última versión, publicada en 2010 [228], se recoge en la Tabla I.3.3 para el CP. La clasificación de los grupos pronósticos se recoge, según los distintos estadios, en la Tabla I.3.4. Existen, no obstante otros sistemas de clasificación importantes, no existiendo un claro consenso en cuanto a la definición de grupos de bajo, intermedio y alto riesgo. Una clasificación ampliamente utilizada es la de D'Amico [229], reflejada en la Tabla I.3.5. En base a ella, se establecen los grupos de riesgo de la clasificación de la *National Comprehensive Cancer Network* (NCCN) [230], recogida en la Tabla I.3.6, que aúna el mayor consenso posible.

Tabla I.3.6: Grupos de riesgo NCCN. Si existen múltiples factores adversos, el paciente se puede incluir en el siguiente grupo de riesgo.

Neoplasias	Clasificación	Criterios
Localizadas	Muy bajo riesgo de recurrencia	T1c, Gleason ≤ 6 y PSA < 10 ng/ml, menos de 3 cilindros afectados, con $\leq 50\%$ de afectación en cada cilindro y densidad PSA < 0.15 ng/ml/g
	Bajo riesgo de recurrencia	T1-T2a, Gleason 2-6 y PSA < 10 ng/ml
	Riesgo intermedio de recurrencia	T2b-T2c ó Gleason 7 ó PSA 10-20 ng/ml
	Alto riesgo de recurrencia	T3a ó Gleason $\geq 8-10$ ó PSA > 20 ng/ml
Localmente avanzadas	Muy alto riesgo de recurrencia	T3b-T4
	Metastásica	Cualquier T-N1, cualquier T-N-M1

I.3.6. Tratamiento radioterápico

I.3.6.1. Simulación

Los pacientes con CP se simulan en decúbito supino. Tal posición presenta una menor repercusión de los movimientos respiratorios e intestinales sobre la próstata, además de una mejora dosimétrica frente a la simulación en prono [231, 232]. Bajo la cabeza se sitúa una almohada, los brazos se colocan sobre el pecho y la piernas deben quedar fijadas sobre un soporte poplíteo, que facilita una reducción significativa de la dosis en recto [233, 234]. Para evitar la rotación pélvica, es conveniente situar un inmovilizador en pies [235]. Se recomienda la simulación del tratamiento con la vejiga llena (reduciendo la dosis vesical e intestinal) y el recto vacío (menor toxicidad) [234].

I.3.6.2. Volúmenes de tratamiento y prescripción de dosis

Neoplasia localizada con bajo o muy bajo riesgo de recurrencia:
T1-T2a, Gleason 2-6 y PSA < 10

Se recomienda administrar entre 70-74 Gy en fraccionamiento convencional. No se precisa de irradiación pélvica [230]. Los volúmenes de tratamiento suelen definirse en la siguiente forma:

- GTV: Próstata.
- CTV: Coincidente con el GTV, sin ampliar márgenes [234, 236].

Neoplasia localizada con riesgo intermedio de recurrencia:
T2b-T2c ó Gleason 7 ó PSA entre 10-20

Este grupo no presenta ningún riesgo de afectación ganglionar, ni de vesículas superior al 15 % [237]. El grupo de pacientes con tumores cT2A, Gleason 7 y PSA ≤ 10 presenta el mayor riesgo de afectación en vesículas (11-13 %), por lo que es recomendable la irradiación de las mismas en este grupo [238]. Se recomienda administrar 74 Gy a la próstata, escalando dosis hasta 75-81 Gy mediante conjunción de técnicas de IMRT-IGRT, con fraccionamiento convencional. Prácticamente todos los estudios

retrospectivos, prospectivos y randomizados publicados hasta el momento [239-244] demuestran una clara relación dosis - respuesta en lo referido al control bioquímico, histológico y supervivencia, por lo que la escalada de dosis es recomendable. Los volúmenes de tratamiento suelen definirse en la siguiente forma:

- GTV: Próstata.
- CTV: GTV con margen anteroposterior de 5 mm para cubrir la raíz de las vesículas seminales [234, 245].

Neoplasia localizada con riesgo alto de recurrencia:

T3a ó Gleason 8-10 ó PSA > 20

Este grupo presenta una incidencia elevada de afectación ganglionar [246]. Los pacientes de este grupo, aún con histología negativa, se pueden beneficiar de la irradiación ganglionar [246-251]. Sin la misma, el riesgo de progresión a metástasis a distancia aumenta, disminuyendo drásticamente las tasas de supervivencia libre de enfermedad [234, 246, 252-254]. Por supuesto, la irradiación pélvica conduce a un incremento de la morbilidad. No obstante, existen controversias respecto de la misma, por lo que es necesaria la realización de estudios adicionales que la avalen [255]. En caso de no llevarla a cabo, se sugiere la escalada de dosis como alternativa. En lo referido a vesículas seminales, para obtener una correcta cobertura clínica en pacientes con riesgo de afectación de las mismas, es recomendable incluir los 2-2.5 cm proximales de vesículas en el CTV [238]. Suelen distinguirse dos escuelas respecto del tratamiento de pacientes con alto riesgo de afectación en vesículas. La primera sugiere una primera fase de irradiación hasta 50-56 Gy, con una posterior sobreimpresión prostática, mientras que la segunda aboga por administrar la misma dosis que recibe la glándula prostática. Los datos retrospectivos parecen indicar que la opción más correcta implica la escalada de dosis en áreas de riesgo, sin propiciar una toxicidad apreciable [238]. Se recomienda administrar entre 45-50.4 Gy a la región pélvica, con fraccionamiento convencional. Respecto de la próstata, se suele impartir 74 Gy a la misma y a la base de las vesículas seminales, escalando dosis hasta 75-81 Gy mediante conjunción de técnicas de IMRT-IGRT, con fraccionamiento convencional. Los volúmenes de tratamiento suelen definirse en la siguiente forma:

- GTV₁: Pelvis hasta L5-S1 cubriendo las arterias ilíacas externas hasta el ligamento inguinal, así como las ilíacas internas, el área obturatriz y el espacio presacro alto (S1-S3) [230, 234, 250, 256]. No obstante, la RTOG (*Radiation Therapy Oncology Group*) ha llegado a un consenso acerca de la delimitación del volumen ganglionar en el CP de alto riesgo [257]. Excluir el mayor volumen posible del recto [246, 249].
- CTV₁: GTV₁, donde se incluye pelvis mayor con márgenes adecuados (L5-S1 cranealmente, margen lateral desde el paquete vascular, margen posterior desde la próstata preservando pared posterior de recto y margen inferior desde la próstata).

- GTV₂: Próstata.
- CTV₂: GTV₂ + 0.5 cm [235], contorneando un 60 % de la longitud de las vesículas, o en vesículas largas (≥ 3.5 cm) tomar entre 2 y 2.5 cm de su longitud [238, 250]. Con esto se cubre el 99 % de todas las vesículas de la población, y más del 92 % de las vesículas afectas [238]. Como ya se ha dicho, algunos centros administran 50-56 Gy en una segunda fase a vesículas con alto riesgo de afectación, para después sobreimpresionar la próstata.

Neoplasia localmente avanzada o de muy alto riesgo de recurrencia: T3b-T4

Se recomienda administrar 50.4 Gy a la región pélvica, con fraccionamiento convencional, planteando incluso la escalada de dosis hasta 54 Gy. Respecto de la próstata, se recomienda impartir al menos 74-76 Gy a la misma, a la base de las vesículas seminales y al tumor macroscópico, escalando dosis hasta 75-81 Gy en próstata-tumor [258] mediante conjunción de técnicas de IMRT-IGRT, con fraccionamiento convencional. Los volúmenes de tratamiento suelen definirse en la siguiente forma:

- GTV₁: Pelvis cubriendo de manera conformada en su totalidad las áreas ganglionares ilíacas externas e internas, además del área obturatriz y el espacio presacro alto (S1-S3). Excluir al máximo el intestino delgado, recto y vejiga.
- CTV₁: GTV₁, donde se incluye pelvis mayor con márgenes adecuados (L5-S1 cranealmente, margen lateral desde el paquete vascular, margen posterior desde la próstata preservando pared posterior de recto y margen inferior desde la próstata).
- GTV₂: Próstata, vesículas seminales o tumor macroscópico.
- CTV₂: GTV₂ + 0.5 cm.

Respecto de la generación del volumen blanco a partir del CTV, existen multitud de estudios que recogen distintas recomendaciones [234, 246, 259]. El margen CTV-PTV puede dividirse, según el ICRU-62 [260], en *internal margin* (IM) y *setup margin* (SM). Según las técnicas de IGRT de la que se dispongan, el SM puede reducirse, según los requerimientos, de cara a una eventual escalada de dosis [246, 261].

I.3.6.3. Órganos de riesgo y dosis de tolerancia

Los volúmenes de interés a delimitar como órganos de riesgo, así como los criterios para su contorneo, se describen a continuación:

- Recto: debe contornearse la circunferencia del mismo, desde el borde superior del esfínter anal, hasta la flexura sigmoidea, excluyendo el canal anal del PTV [234, 235, 262].
- Vejiga: debe delimitarse la circunferencia externa de la misma.

Tabla I.3.7: Dosis de tolerancia en órganos de riesgo para la patología de próstata según las recomendaciones QUANTEC.

<i>Órgano de riesgo</i>	<i>Límites de dosis QUANTEC</i>
Recto	$V_{50} < 50\%$, $V_{60} < 35\%$, $V_{65} < 25\%$, $V_{70} < 20\%$, $V_{75} < 15\%$
Vejiga	$V_{65} < 50\%$, $V_{70} < 35\%$, $V_{75} < 25\%$, $V_{80} < 15\%$
Cabezas femorales	$D_{max} < 50\text{ Gy}$
Bulbo peneano	$D_{med} < 50\text{ Gy}$
Intestino delgado	$V_{15} < 120\text{ cc (asas)}$, $V_{45} < 195\text{ cc (cavidad peritoneal)}$

D_{max} : dosis máxima; D_{med} : dosis media.

- Cabezas femorales: debe incluirse el cuello de las mismas o, al menos, toda la región que vaya a ser susceptible de verse incluida en los haces de tratamiento.
- Bulbo peneano: su delimitación es optativa, pero recomendable.
- Intestino delgado: es recomendable, en el caso de irradiación pélvica, el contorno de las asas intestinales susceptibles de verse incluidas en los haces de tratamiento.

Las dosis de tolerancia actualizadas para dichas estructuras se recogen en las recomendaciones QUANTEC [263]. Tales recomendaciones se recogen en la Tabla I.3.7 para los órganos de riesgo descritos anteriormente.

I.3.7. Radioterapia postquirúrgica: adyuvante y de rescate

Los pacientes con probabilidad de enfermedad residual microscópica tras la prostatectomía presentan un riesgo de fallo bioquímico del 20-50 % a 5 años, pudiendo alcanzarse una situación metastásica en la mitad de los casos [264]. La mediana de tiempo desde el fallo bioquímico hasta la aparición de metástasis es de 8 años, y desde la aparición de estas hasta el fallecimiento de 5-6.5 años [264].

Los niveles de PSA postquirúrgicos deben ser prácticamente indetectables en el plazo de tres a cuatro semanas ($\leq 0.2\text{ ng/ml}$); la persistencia implica la presencia de enfermedad residual [230]. La progresión bioquímica se establece para un nivel de PSA $> 0.2\text{ ng/ml}$ tras niveles previos indetectables [223]. El fallo bioquímico puede conducir hacia una recaída local o hacia la diseminación de la enfermedad. Si la radioterapia practicada es de rescate por la primera situación, la eficacia es mayor si el PSA no supera 2 ng/ml [230]. La radioterapia de rescate evita el riesgo de segundos tumores, reduce la morbilidad y presenta resultados favorables si se aplica precozmente, cuando el PSA es bajo.

El tratamiento adyuvante reduce las recurrencias locales, aumentando probablemente la eficacia en el control local y la supervivencia libre de recidiva bioquímica

frente a la terapia de rescate [265]. Los subgrupos más beneficiados por la terapia de rescate, según la NCCN, son los siguientes [230, 266]:

- Gleason ≤ 7 , PSA preRT ≤ 2 , márgenes positivos.
- Gleason ≤ 7 , PSA preRT ≤ 2 , márgenes negativos, tiempo de duplicación del PSA > 10 meses.
- Gleason 8-10, PSA preRT ≤ 2 , márgenes positivos, tiempo de duplicación del PSA > 10 meses.

Los pacientes de estadio pT3b, los N1 y el resto de subgrupos, por contra, se benefician menos de esta terapia. En el caso adyuvante, la radioterapia está indicada, a la vista de lo anterior, ante persistencia de PSA > 0.2 ng/ml con bordes afectos y pT3b o Gleason 8-10, o ante pacientes de estadio pT4.

I.3.7.1. Volúmenes de tratamiento y órganos de riesgo

La *European Organisation for Research and Treatment of Cancer* (EORTC) ha establecido una serie de recomendaciones para la definición del volumen blanco postquirúrgico [267]. Es necesario irradiar el lecho quirúrgico así como el área sospechosa de contener bordes afectos. La dosis recomendada para la radioterapia de rescate es entre 66-70 Gy con fraccionamiento convencional [268], mayor que en el caso adyuvante, en el que se recomienda administrar entre 60-66 Gy. Existen, no obstante, estudios que emplean dosis mayores, entre 68-81 Gy en la situación de rescate [269, 270]. La pelvis debe irradiarse en caso de no haber realizado linfadenectomía y de riesgo de afectación ganglionar elevado ($> 15\%$). También debe hacerse si, tras la linfadenectomía, ésta es insuficiente o positiva.

Los órganos de riesgo y las dosis de tolerancia son las mismas que las descritas previamente, siguiendo las recomendaciones establecidas en la revisión QUANTEC [263].

I.3.8. Técnicas moduladas, radiobiología e hipofraccionamiento en la patología de próstata

Como ya se ha visto en las secciones previas, la radioterapia, como forma prioritaria de tratamiento en el carcinoma de próstata localizado, ha evolucionado sustancialmente a lo largo de los últimos años [271-277]. Diversos estudios han mostrado que el control de la enfermedad mejora gracias al escalado de dosis [278-284], a costa de un incremento de la toxicidad [240]. Dicha toxicidad puede verse reducida optimizando la conformación del tratamiento gracias al empleo de técnicas de IMRT [241, 285-288]. Es recomendable, no obstante, que dicha conformación se vea sustentada por técnicas de IGRT, puesto

que pequeñas diferencias en el posicionamiento del paciente, debidas a variaciones interfacción, concurren en discrepancias dosimétricas y radiobiológicas que pueden ser significativas [289-293]. En adición a lo anterior, la variación en la posición del volumen blanco y de los órganos de riesgo en el tratamiento de próstata es, en sí misma, considerablemente significativa [259, 290, 293-305], lo que viene a apoyar la necesidad de técnicas de guiado por imagen en la radioterapia de próstata. Como consecuencia de su uso, además, se posibilita la reducción de los márgenes CTV-PTV, resultando nuevamente en un descenso de la toxicidad [306-319]. Los tratamientos de intensidad modulada empleados de forma conjunta con técnicas de IGRT conducen a excelentes resultados clínicos, mejorando el control tumoral y preservando los órganos de riesgo [319-324]. A la vista de lo anterior, y dentro de la EBRT, la IMRT está convirtiéndose en la técnica estándar para el tratamiento de próstata [286, 325].

I.3.8.1. Radiobiología e hipofraccionamiento en próstata

El efecto biológico o sensibilidad de los tejidos en radioterapia, tanto tumorales como sanos, ante cambios de esquemas de tratamiento y fraccionamiento puede describirse mediante el modelo lineal-cuadrático, en términos del cociente α/β [5, 198, 326-330] (Apéndice V.C). Un hecho ampliamente aceptado es que la mayor parte de los tumores poseen un valor para el parámetro α/β alto (en torno a 10 Gy), por lo que la sensibilidad de los mismos ante variaciones en el fraccionamiento es menor que la de los tejidos sanos de respuesta tardía, para los que α/β es menor (alrededor de 3 Gy). Existen, no obstante, diversas excepciones entre los tumores, como el melanoma y algunos sarcomas ($\alpha/\beta < 1$ en ambos casos) [331, 332], mostrando ambos casos un lento crecimiento (tiempo potencial de duplicación, T_{pot} , elevado). La próstata muestra un alto valor para T_{pot} [333, 334], por lo que se espera que responda ante la radiación como tejido de respuesta tardía. Multitud de estudios recientes han reportado bajos valores para el cociente α/β en próstata, incluso menores que los de tejidos sanos de respuesta tardía que la rodean [335-341]. De esta forma, el tratamiento de próstata se hace atractivo para esquemas hipofraccionados ya que, al menos potencialmente, la sensibilidad del tejido prostático al fraccionamiento es mayor que para los OARs circundantes [335, 336, 338, 342-346]. No obstante, a pesar de la evidencia clínica del bajo valor para la próstata, permanece en discusión por algunos autores el valor concreto del parámetro α/β , reportándose diversos factores que pueden contribuir a la incertidumbre en su determinación [347], como la heterogeneidad y variabilidad de los tumores entre pacientes, influencia de la hipoxia, comienzo de la repoblación de células clonogénicas, reparación en tratamientos de BT de baja tasa de dosis, efectividad biológica relativa de los implantes permanentes, heterogeneidad de dosis en los mismos, variación con el estadio clínico, diferencias entre la determinación de parámetros *in vitro* e *in vivo* o datos combinados procedentes de diversas modalidades terapéuticas

I.3.8.2. VMAT en tratamientos de próstata

A la vista de lo anterior, la situación más favorable para el tratamiento de próstata mediante EBRT supone la combinación de los paradigmas descritos, esto es, tratamientos hipofraccionados administrados mediante técnicas moduladas, complementadas con protocolos de guiado por imagen. Sin embargo, estas modalidades pueden conducir a un incremento notable de los tiempos de tratamiento. Este caldo de cultivo supone un entorno propicio para la aplicación de las técnicas volumétricas, basándose en la potencial reducción de los tiempos de tratamiento que aporta. Al mantener tiempos de tratamiento similares a los observados en 3DCRT con un grado de modulación semejante a la IMRT, la VMAT posibilita la inversión en estrategias de hipofraccionamiento e IGRT, pues no hipoteca la carga temporal que supone la generalización en la implantación de este tipo de tratamientos en una unidad oncológica.

Diversos estudios han reportado el empleo de VMAT aplicado al tratamiento de próstata. La calidad dosimétrica de dichos tratamientos es, al menos, similar a la lograda con IMRT [348], superando a la misma según reportan algunos autores [46, 47, 349–353]. Nuevamente, se ha establecido un conflicto de interés en este sentido, puesto que otros grupos recogen la ligera superioridad de la IMRT tradicional frente a la VMAT en lo referido a calidad dosimétrica de los tratamientos, fundamentalmente a la hora de preservar órganos de riesgo [48, 354, 355].

No obstante, el equilibrio llega a todos los estudios cuando se trata de los tiempos de tratamiento, puesto que éstos se ven notablemente reducidos dentro del paradigma de la VMAT, confirmando su condición como potente herramienta a la hora de administrar tratamientos hipofraccionados de próstata [39, 356–359].

Capítulo I.4

Objetivos del presente trabajo

I.4.1. Objetivos generales

Como se ha analizado a lo largo de toda esta primera parte, la VMAT es una técnica de reciente introducción en la práctica clínica. Sus características específicas exigen que el proceso de control calidad individualizado a pacientes contemple los procedimientos más completos disponibles en el ámbito de la verificación pre-tratamiento. El objetivo del presente trabajo se ha centrado en describir la evolución e implementación clínica de distintas técnicas y métricas aplicadas al control de calidad individualizado de tratamientos de VMAT en el Hospital Central de la Defensa “Gómez Ulla” (HCDGU). Se ha partido de los procedimientos más rudimentarios, desde el punto de vista de su sencillez, evolucionando hasta la introducción de nuevas métricas que permitan extraer la mayor cantidad de información con relevancia clínica del procedimiento de control de calidad específico. Se han contemplado las dos vertientes descritas a lo largo de la introducción, esto es, la verificación independiente o redundante de los cálculos realizados por el TPS, así como las verificaciones basadas en medidas. El cuerpo del trabajo se ha originado en el tránsito desde las métricas habituales en el control de calidad de tratamientos de IMRT hacia su aplicación a las técnicas volumétricas. La siguiente etapa ha surgido, sin menospreciar los resultados anteriores, del planteamiento acerca de la suficiencia en dichas métricas, lo que conduce a la introducción y evaluación de métricas con relevancia clínica, basadas en parámetros dosis - volumen. La última evolución ha sido planteada a partir de la necesidad de complemento de las métricas anteriores, empleando índices predictivos del resultado del tratamiento, como pueden ser parámetros radiobiológicos. Cada paradigma ha sido validado e introducido clínicamente, así como aplicado a una patología representativa respecto de la técnica volumétrica, como lo constituye la prostática.

I.4.2. Objetivos específicos

De forma pormenorizada, podemos establecer los siguientes objetivos específicos:

- El punto de partida viene marcado por la implantación de la técnica VMAT. Se han descrito las distintas pruebas y procedimientos aplicados al comisionado inicial de la técnica, respecto de la unidad de tratamiento y el TPS. El grupo de pacientes de próstata empleado como muestra ha sido presentado, evaluando asimismo la calidad de tales tratamientos respecto de diversos parámetros administrativos y dosimétricos.
- Tomando como referencia el paradigma de verificación aplicado a la IMRT tradicional, tales procedimientos han sido extendidos al control de calidad específico a paciente de tratamientos de VMAT. En particular, se ha estudiado la viabilidad de una matriz bidimensional de cámaras de ionización con distintas disposiciones experimentales, aplicada al control de calidad individualizado de tratamientos rotacionales. El objetivo ha consistido en contrastar la habilidad de dichos detectores en su aplicación a las verificaciones de tratamientos volumétricos, partiendo de la hipótesis de que pueden cumplir con tal desempeño en el marco de los procedimientos habituales de control de calidad en IMRT, con la ayuda de los aditamentos adecuados. Por último, la extensión de las métricas usuales a las verificaciones VMAT ha sido evaluada, adicionalmente, con el grupo de pacientes de próstata introducidos en el primer desarrollo.
- No obstante, tal y como se ha visto en la introducción, se hace necesario el tránsito hacia métricas que posean relevancia clínica. Con el florecimiento de la técnica VMAT, han sido desarrollados diversos sistemas que permiten calcular/estimar dosis sobre la información anatómica del paciente a partir de las medidas típicas adquiridas durante el proceso de control de calidad. El objetivo se ha orientado a la validación e implementación clínica de dos soluciones de verificación 3D, que permiten la determinación de dosis sobre la anatomía del paciente. La validación ha sido planteada a partir de la comparación de los resultados obtenidos con tales sistemas con los datos obtenidos durante la calibración de referencia de la unidad de tratamiento. Asimismo, se han generado múltiples planes de control de calidad estáticos y dinámicos sobre diversos casos de prueba sugeridos por la AAPM (*American Association of Physicist in Medicine*), así como casos reales sobre localizaciones anatómicas representativas, que han sido contrastados mediante métricas clásicas. La implementación clínica se ha fundamentado en la evaluación de ambos sistemas con los mismos casos de prueba descritos anteriormente, mediante el empleo de métricas dosis - volumen con relevancia clínica. La aplicación a la patología prostática de estas técnicas se ha retrasado hasta la siguiente etapa, pues ha servido para la validación de las métricas introducidas en ella. Finalmente, los resultados derivados por ambos sistemas han sido contrastados estadísticamente.
- La evaluación tradicional de la calidad de un plan de tratamiento se ha basado, fundamentalmente, en relaciones dosis - volumen recogidas en DVHs, si bien las recomendaciones se han encaminado al complemento de tales métricas con parámetros evaluadores del resultado clínico, como son los índices radiobiológicos.

El objetivo de la última etapa ha consistido en la evaluación de la posibilidad de introducción de tales parámetros como nuevas métricas en el control de calidad individualizado a paciente en tratamientos volumétricos. Para ello, se han empleado nuevamente los dos sistemas nombrados en el epígrafe anterior. La validación ha sido objetivada, paralelamente al caso anterior, a partir de la generación de planes de control de calidad sobre casos de prueba sugeridos por la AAPM, relacionados específicamente con la evaluación del empleo de funciones radiobiológicas en el proceso de planificación de tratamientos. Asimismo, se han empleado las métricas introducidas en las etapas previas (clásicas, basadas en análisis gamma, y con relevancia clínica, basadas en DVHs) como sustento a este proceso de validación. La implementación clínica ha sido llevada a cabo mediante la aplicación de tales métricas al caso paradigmático de la patología de próstata. Al igual que en el caso anterior, los resultados derivados por ambos sistemas han sido contrastados estadísticamente. Por último, se ha estudiado, como apoyo al empleo y utilidad de dichas métricas, la correlación existente entre los resultados derivados de las mismas y los obtenidos a partir de las métricas con relevancia clínica, introducidas en la etapa anterior.

II

MATERIAL Y MÉTODOS

Capítulo II.1

Validación de la técnica VMAT y aplicación al tratamiento de próstata

II.1.1. Unidad de tratamiento

El Servicio de Oncología Radioterápica del HCDGU dispone de un acelerador lineal Elekta Synergy monoenergético (6 MV) con capacidad para administrar tratamientos de VMAT (Figura II.1.1). La totalidad de los tratamientos impartidos en dicha unidad son de intensidad modulada, en sus modalidades estática, dinámica y VMAT. La unidad es controlada y administrada mediante la red de registro y verificación Mosaiq (Elekta). Los planes de tratamiento se definen a través de una serie de puntos de control, que son enviados desde el TPS hasta la red. El acelerador, avanzando entre los puntos de control, monitoriza y selecciona los parámetros más adecuados para la administración del tratamiento. Se dispone de un MLC dinámico (MLCi, Elekta) de 80 láminas, con anchura de lámina de 1 cm en el isocentro. Todos los planes administrados se mantienen bajo las tolerancias definidas por Elekta, establecidas en la Tabla II.1.1. El MLC está optimizado para su empleo en IMRT, como se desprende del máximo desplazamiento por lámina y de la presencia de colimadores primarios de *backup* para minimizar las fugas interláminas. Está doblemente focalizado y permite aperturas de campo de hasta $40 \times 40 \text{ cm}^2$.

El acelerador posee un sistema para la adquisición de imágenes mediante CBCT

Tabla II.1.1: Tolerancias del acelerador Elekta Synergy para la irradiación de campos dinámicos.

Velocidad del brazo ($^\circ/\text{s}$)	Dosis/ángulo ($\text{UM}/^\circ$)	Desplazamiento máximo por lámina (cm)	Velocidad del MLC (cm/s)	Dosis por desplazamiento de MLC (UM/cm)	Tasa de dosis máxima (UM/min)
≤ 6	0.1 - 100.0	32.5	≤ 2	≥ 0.3	600

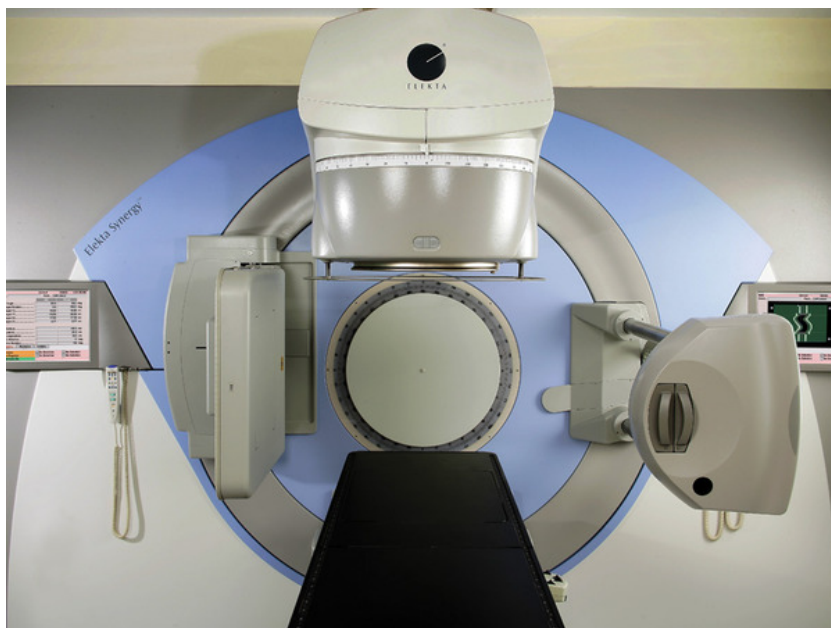


Figura II.1.1: Acelerador Elekta Synergy. Perpendicular al haz de tratamiento se sitúa el sistema de IGRT XVI.

Tabla II.1.2: Tamaños de haz y sus características para el sistema XVI.

<i>FOV</i>	<i>Offset del panel (mm)</i>	<i>Diámetro de la reconstrucción (mm)</i>
S	138.4	270
M	213.2	410
L	262.0	500

FOV: *field of view*.

de kV, como técnica de IGRT volumétrica (XVI, Elekta). El sistema de kV se sitúa perpendicular al haz de tratamiento y al sistema de imagen de MV, enfrente al anterior (Figura II.1.1). Está constituido por un tubo de rayos X y un panel de silicio amorfo (a-Si/CsI), cuyo eje de rotación coincide con el de la unidad de tratamiento. El sistema puede ser retraído y extendido según su uso. El cono de radiación para el sistema de imagen de kV posee un diámetro de 425 mm sin colimar. Las imágenes pueden adquirirse con tres diferentes tamaños de haz o *fields of view* (FOVs), según la posición lateral del panel de adquisición. La tabla II.1.2 muestra las características de cada una de estas adquisiciones. El sistema ofrece una fusión y alineación automática con el CT de referencia, informando de las correcciones necesarias, tanto de traslación como de rotación. Tales traslaciones pueden ser implementadas de manera automática, a diferencia de las rotaciones, dado que no se dispone de una mesa con 6 grados de libertad.

II.1.2. Sistema de planificación

Como TPS se empleó Monaco, en sus versiones 2.03 y 3.10 (CMS, Elekta). Es un sistema de planificación inversa que permite generar planes de tratamiento VMAT. A continuación se describen cada una de las características distintivas de este TPS.

II.1.2.1. Funciones de coste biológicas

El objetivo de un optimizador de IMRT es minimizar una función matemática que modela los objetivos de planificación. Esta función global es la suma de todas las funciones relacionadas con los objetivos y restricciones asignadas a cada volumen de interés contorneado.:

$$F = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i(D_i) \quad (\text{II.1.1})$$

donde $f_i(D_i)$ es la función de coste que describe la respuesta biológica de un volumen V formado por N vóxeles de dosis D_i en cada uno de ellos. Monaco proporciona funciones de coste tanto físicas (las más tradicionales, basadas en parámetros dosis - volumen) como basadas en parámetros biológicos. La ventaja de incorporar este tipo de funciones radica en el efecto biológico de volumen, en el sentido que dosis de tolerancia mayores pueden ser aceptadas cuando el volumen irradiado es reducido. El efecto de volumen es pequeño cuando una estructura se modela como órgano en serie, puesto que en ella pequeños volúmenes irradiados pueden ocasionar pérdidas funcionales de toda la estructura. Por contra, el efecto es grande para órganos en paralelo donde si se toleran altas dosis en volúmenes reducidos. Cuando este comportamiento se aplica a estructuras tumorales, el modelo es sensible a zonas *frías* y *calientes*. Por tanto, la aplicación de funciones de coste biológicas permite, en realidad, controlar la forma de los DVHs.

La optimización basada en modelos biológicos es, potencialmente, más versátil. Adicionalmente, está directamente asociada con el resultado del tratamiento, a diferencia de la basada en criterios dosis - volumen [194]. Las características de este tipo de optimización, así como las potenciales ventajas, han sido ampliamente descritas [360 364]. A continuación, se describen brevemente las funciones de coste biológicas empleadas por el TPS.

Función *Target EUD*

La dosis equivalente uniforme (EUD), en su concepción original [195], se define como la dosis biológica equivalente que, administrada uniformemente, conduce a la misma muerte celular en el volumen tumoral que la obtenida con una distribución de dosis real no uniforme. La función de coste *Target EUD* es aplicada por el TPS a volúmenes blanco, describiendo la muerte celular como:

$$f(D(\bar{x})) = \rho(\bar{x}) \exp[-\alpha(\bar{x})D(\bar{x})] \quad (\text{II.1.2})$$

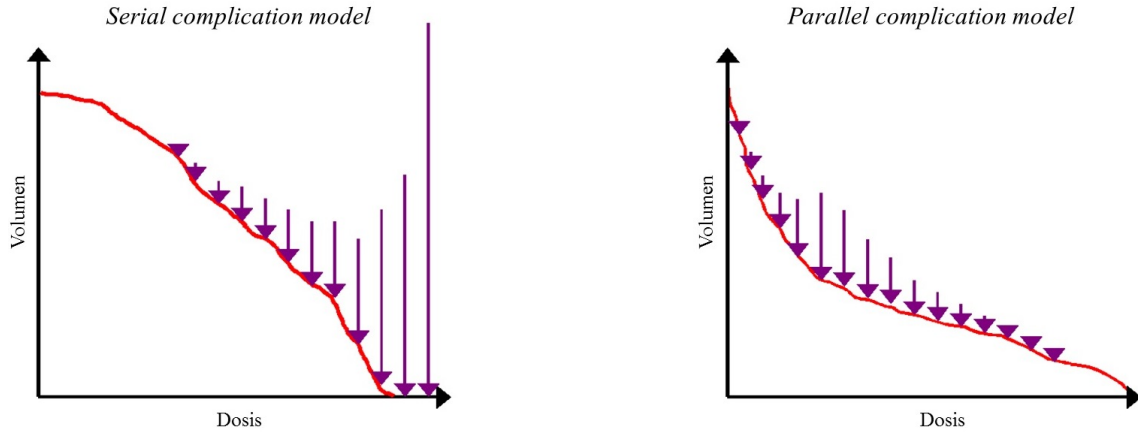


Figura II.1.2: Mecanismos de acción de las funciones de coste biológicas sobre los DVHs para órganos en serie y paralelo. A la izquierda se presenta el caso de la función *Serial complication model* y a la derecha el de *Parallel complication model*.

$D(\bar{x})$ es la dosis depositada en un determinado vóxel. El parámetro α describe la sensibilidad celular; se asumió un valor de 0.5 para él. Monaco toma el valor $\rho = 10^6$ de manera prefijada para este parámetro de densidad celular. El isoeffecto (D_{eff}) se calcula como:

$$D_{eff} = -\frac{1}{\alpha} \ln \frac{1}{V} \int_V f(D(\bar{x})) dx^3 \quad (\text{II.1.3})$$

Función *Serial complication model*

Trata de modelar el comportamiento de órganos en serie. Como se ha dicho, estos órganos sufren complicaciones incluso cuando una pequeña porción de los mismos es irradiada por encima de la dosis de tolerancia. El modelo de la función de coste actúa a través de un exponente k . Dicho exponente está relacionado con el efecto de volumen sobre la estructura, determinando la pendiente de la respuesta en dosis de la misma. Un valor elevado de k está asociado a un riesgo de complicación elevado sobre la estructura. La función posee la siguiente forma:

$$f(D(\bar{x})) = [D(\bar{x})]^k \quad (\text{II.1.4})$$

El isoeffecto (D_{eff}) se extrae, sumando sobre todo los vóxeles del volumen V , como:

$$D_{eff} = \left(\frac{1}{V} \int_V f(D(\bar{x})) dx^3 \right)^{1/k} \quad (\text{II.1.5})$$

La forma en la que dicha función actúa, penalizando la región del DVH en torno a la dosis objetivo, se presenta en la Figura II.1.2. Un ejemplo de la acción de dicha función sobre el histograma de recto (modelado como OAR en serie) en el caso de un tratamiento de próstata se presenta en la Figura II.1.3.

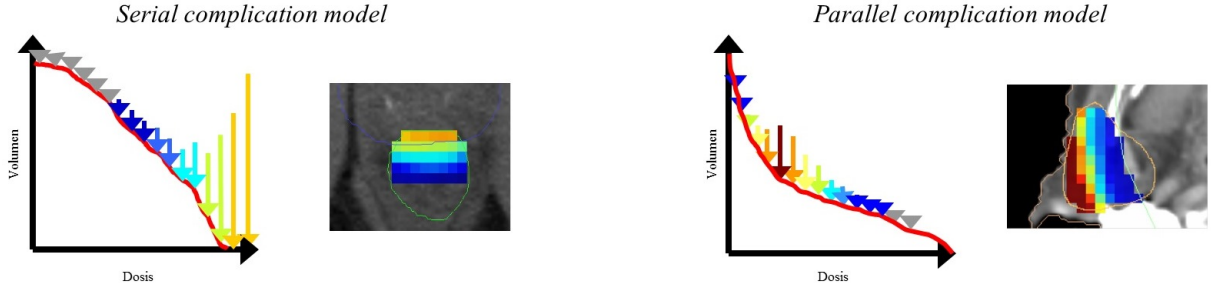


Figura II.1.3: Mecanismos de acción de las funciones de coste biológicas para dos casos particulares; a la izquierda se observa la actuación sobre el recto, modelado como OAR en serie; a la derecha se presenta el caso de una parótida, modelada como OAR en paralelo.

Función *Parallel complication model*

Cada una de las subunidades funcionales que modelan un órgano con este comportamiento parecen responder independientemente, de tal forma que la probabilidad de daño aumenta con el número de subunidades afectadas. La función de coste que describe este comportamiento requiere, al igual que en el caso anterior, de un exponente k relacionado con la respuesta de la estructura, así como de una dosis de referencia relacionada con la tolerancia del órgano (d_0). La función posee la siguiente forma:

$$f(D(\bar{x})) = \left[1 + \frac{d_0}{D(\bar{x})} \right]^k \quad (II.1.6)$$

El isoeffecto, que es el daño promedio de la estructura (ν_{eff}), se extrae como:

$$\nu_{eff} = \frac{1}{V} \int_V f(D(\bar{x})) dx^3 \quad (II.1.7)$$

La forma en la que dicha función actúa, penalizando la región del DVH en torno a la dosis objetivo, se presenta en la Figura II.1.2. Un ejemplo de la acción de dicha función sobre el histograma de parótida (modelada como OAR en paralelo) en el caso de un tratamiento de cabeza y cuello se presenta en la Figura II.1.3.

II.1.2.2. Control de estructuras basado en vóxeles

La planificación inversa de tratamientos de intensidad modulada emplea comúnmente estructuras auxiliares para obtener las distribuciones de dosis requeridas. Funciones objetivo poco equilibradas o demasiado exigentes, pueden conducir a dosis indeseadas en volúmenes blanco y órganos de riesgo, como puede ocurrir en las intersecciones entre OARs y PTVs al expandir los CTVs para obtener los anteriores. Ante estas situaciones, y la presencia de requisitos opuestos en la optimización (cubrir adecuadamente el PTV y preservar OARs), es necesario crear estructuras de transición, evitables, intersecciones o márgenes, para alcanzar la solución más adecuada. Casos paradigmáticos

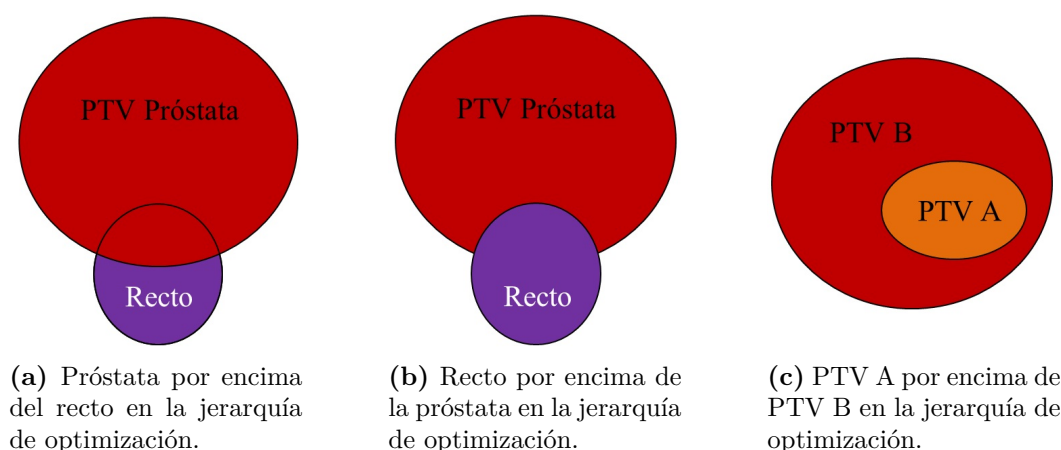


Figura II.1.4: Decisión tomada por el optimizador respecto de la consideración de los vóxeles de la intersección en estructuras solapadas. Se presentan tres casos: dos intersecciones entre PTV y OAR (a y b), y dos PTVs con distintas dosis prescritas (c).

se presentan con las parótidas en tratamientos de cabeza y cuello, o con el recto en tratamientos de próstata. Monaco evita la generación de este tipo de estructuras auxiliares poniendo a disposición del proceso de optimización una estipulada jerarquía en cuanto a la voxelización de las distintas estructuras sobre las que, posteriormente, se aplicarán las funciones de coste. El orden en el que las estructuras son definidas a la hora de introducir la prescripción en el TPS determina dicha jerarquía, por tanto los vóxeles situados en una intersección problemática son tomados como pertenecientes al primer volumen de dicha prescripción por el optimizador. Un ejemplo puede observarse en la Figura II.1.4. Aún así, en zonas inmediatamente anexas a un PTV pueden originarse zonas subdosificadas como consecuencia de la aplicación de la función de coste del OAR adyacente. Para paliar este problema, evitando la introducción de estructuras adicionales, Monaco puede emplear el concepto de *shrink margin* en las funciones correspondientes a los criterios para OARs, introduciendo un margen con respecto al PTV a partir del cual la condición se aplica de manera efectiva (Figura II.1.5). Esta asignación de vóxeles a distintas estructuras y, por tanto, la aplicación de las funciones a optimizar sobre los distintos vóxeles evita el proceso previo de generación de volúmenes auxiliares para la planificación inversa.

II.1.2.3. Algoritmo de cálculo Monte Carlo

Monaco emplea, como algoritmo de cálculo principal, *X-ray Voxel Monte Carlo* (XVMC). Los algoritmos de Monte Carlo proporcionan la mayor precisión del mercado, a costa de una inversión relativamente elevada en tiempos de cálculo. No obstante, Monaco no simula toda la generación del haz de radiación hasta que llega al paciente; tampoco toma todo el modelado previo del cabezal, contenido en un espacio de fases, para continuar el cálculo a partir de un determinado punto, como pueda ser la fuente. En su lugar, la información necesaria puede ser extraída a partir de determinadas

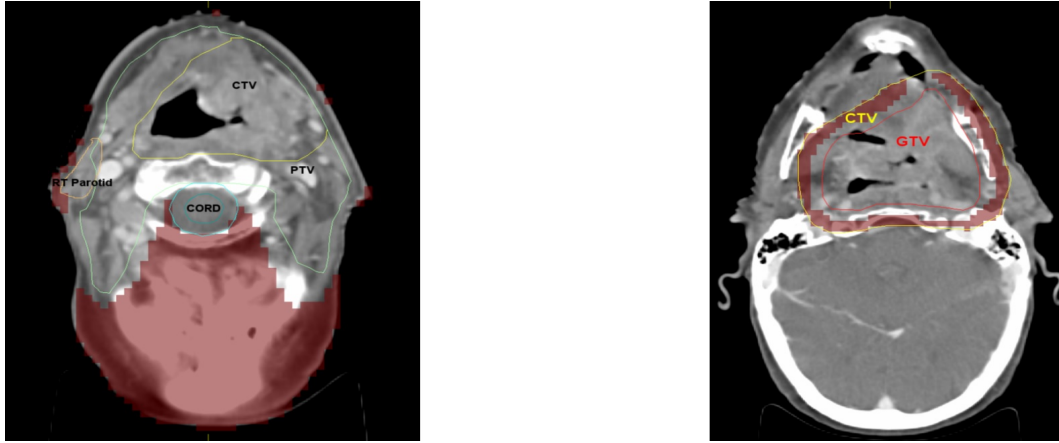


Figura II.1.5: Funcionalidad proporcionada por el *shrink margin*, actuando sobre OARs a la izquierda y sobre volúmenes blanco a la derecha.

funciones, como el espectro del haz o la distribución de fluencias primaria y dispersa. Esta forma de proceder constituye la denominada *aproximación de fuente virtual*. Se basa en el hecho que partículas provenientes de distintas partes del acelerador poseen características significativamente distintas en lo referido, por ejemplo, a energías, o distribuciones espaciales y angulares, mientras que las provenientes del mismo componente presentan energías e incidencias muy similares. Por ello, cada componente o conjunto de componentes del acelerador puede considerarse como una fuente virtual de partículas, pudiendo modelarse como tal [91]. El motor de fluencia de Monaco emplea dos fuentes de fotones gaussianas, una simulando el blanco donde se genera la radiación primaria, y otra en el filtro aplanador, como secundaria. Adicionalmente, emplea una fuente de electrones uniforme en la parte inferior del filtro. A partir de las distribuciones generadas por esta simulación, y su posterior comparación con las distribuciones medidas experimentalmente, puede derivarse el espectro de energías que se introducen en el motor de cálculo de dosis del XVMC. A partir de este punto, se simulan y generan partículas que se proyectan sobre el plano previo al sistema de colimación, construyendo espacios de fases para las historias Monte Carlo. Se simula el transporte de partículas a través del MLC y se calcula la distribución de dosis sobre el paciente.

Como se ha dicho, la simulación Monte Carlo conlleva tiempos de cálculo elevados. La incertidumbre estadística está determinada por el número de historias de fotones y electrones, e influye de manera directa sobre dichos tiempos. La varianza del cálculo Monte Carlo se determina como:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta D_i}{D_i} \right)^2 \quad (\text{II.1.8})$$

siendo D_i la dosis en el vóxel i y ΔD_i la incertidumbre estadística perseguida en el cálculo de dosis. Por esta razón, el algoritmo emplea técnicas de reducción de varianza,

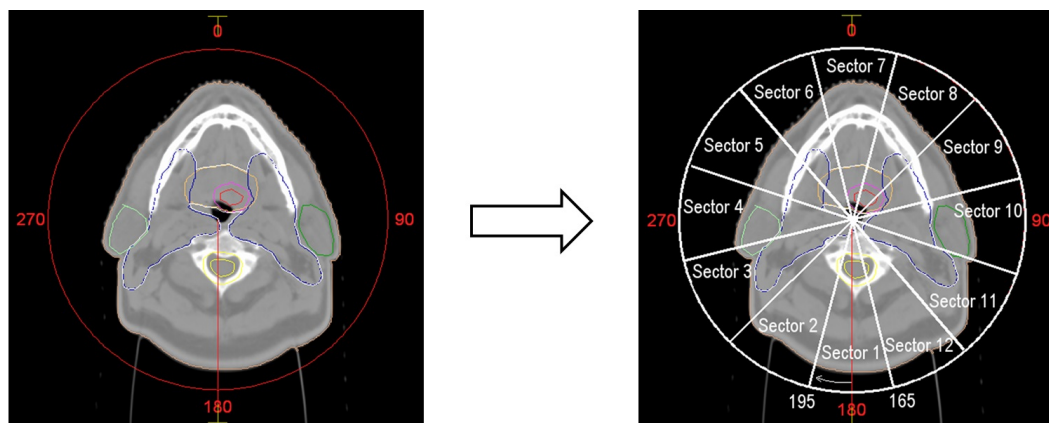


Figura II.1.6: División del arco en sectores para la optimización del plan de tratamiento en un paciente de cabeza y cuello. Se ha dividido 12 en sectores, cada uno de los cuáles posee 30° de amplitud.

como repetición de historias, *splitting* de fotones, ruleta rusa o métodos de truncamiento [365].

La desviación estándar del cálculo Monte Carlo es un parámetro seleccionable, por tanto, por el usuario. Se tomó un valor del 2 % para la desviación por punto de control, lo que se traduce en una desviación de aproximadamente 0.5 % en un tratamiento de VMAT.

II.1.2.4. Otros parámetros de optimización y segmentación

El TPS permite seleccionar el número y la amplitud de los arcos de VMAT. Para la optimización de la fluencia, Monaco divide el arco en sectores, cuya amplitud puede ser determinada por el usuario, como puede observarse en la Figura II.1.6. Cuanto mayor es la amplitud de dichos sectores, menor es el número de puntos de control generados durante la segmentación, lo que implica, en la mayoría de los casos, planes más sencillos y rápidos pero de menor calidad dosimétrica. Tras la optimización de la fluencia, durante la fase de segmentación, se permite al usuario determinar el máximo número de puntos de control por arco, la tasa de dosis y la anchura mínima de los segmentos. Asimismo, se permite determinar el nivel de *suavizado* de la fluencia ideal previa a la hora de proceder con la segmentación; si el suavizado es elevado, se *simplifica* la modulación de la fluencia ideal, generando pocos puntos de control, lo que redundará nuevamente en tratamientos de menor calidad dosimétrica; si el suavizado es leve, la fluencia optimizada permanecerá con un elevado nivel de modulación, lo que redundará en un mayor número de puntos de control (mayor complejidad del tratamiento) y, en principio, una mayor calidad dosimétrica del mismo.

II.1.3. Validación de la técnica

Con el fin de validar la técnica, es necesario comisionar tanto el propio acelerador, como el TPS. El sistema de IGRT posee una implicación fundamental en lo referido a la administración de tratamientos, especialmente en el caso de la patología de próstata. Es por tanto necesario, al menos, reseñar el procedimiento seguido para el control de calidad de IGRT en la unidad de tratamiento. A continuación se describen pormenorizadamente cada uno de estos procesos.

II.1.3.1. Comisionado del acelerador

El proceso partió de la determinación usual del estado de referencia en un acelerador lineal tradicional, basado fundamentalmente en la obtención de diversos parámetros:

- Dosis absoluta.
- Factores de campo (OFs).
- Perfiles y curvas de porcentaje de dosis en profundidad (PDDs).

Adicionalmente, y desde el punto de vista del control de calidad, la VMAT puede ser considerada como un tratamiento que combina diversos aspectos de la IMRT dinámica *sliding window*, así como de los tratamientos estereotáxicos, en el sentido en que éstos son administrados en arcos en muchas ocasiones. Se establecieron una serie de pruebas iniciales que cubrieron estos aspectos de forma individual, además de tests que valoraron el comportamiento global de la unidad. Estas pruebas, en conjunto, deben armonizar con las recomendaciones referidas a:

- Control de calidad de aceleradores de uso clínico.
- Control de calidad en IMRT.
- Administración y dosimetría de campos pequeños.

Sumados a diversos estudios clásicos que abordan las cuestiones previas [76, 366, 367], distintos autores han definido y analizado una variedad de conjuntos de pruebas aplicados al comisionado de la técnica volumétrica [62, 368-371]. Parte de éstas se extrajo e implementó de forma previa al establecimiento clínico de la técnica. Sin embargo, es necesario establecer una aclaración respecto de este punto. Si bien el comisionado de la técnica no constituye el núcleo de este trabajo, parece adecuado, no obstante, describir, al menos someramente, parte de las diversas pruebas realizadas para tal implementación. La importancia de estas pruebas puede, si cabe, diluirse en el resto del contenido del presente estudio, pues el control de calidad individualizado contempla de forma conjunta cada uno de los aspectos que pretende individualizar un proceso de comisionado de la unidad de tratamiento. Si alguno de tales aspectos falla,



Figura II.1.7: Parte del equipamiento dosimétrico empleado en el comisionado de la técnica VMAT. A la izquierda, puede observarse una cámara de ionización Farmer FC65-P (Scanditronix-Wellhöffer). A la derecha se muestra la cuba de agua Blue Phantom² (IBA Dosimetry).

las consecuencias del mismo serán recogidas en el control de calidad específico a paciente. Más aún, podrá conocerse cuál es el impacto clínico de las posibles desviaciones, por lo que pormenorizar cada uno de los aspectos clave que contribuyen a la dinámica del tratamiento en un proceso de control de calidad de máquina debe contemplarse desde un punto de vista pragmático, al menos según se describe aquí. Dicho de otra forma, la opinión manifestada en este estudio conduce a que no tiene demasiado sentido confiar un tiempo excesivo al comisionado de la técnica, si el control de calidad individualizado no se realiza de una forma exhaustiva, puesto que nunca hay que perder de vista el objetivo de dicho proceso de control de calidad, que no es otro que el impacto clínico de la falta de fidelidad en la administración de dosis a paciente. Independientemente de las pruebas habituales contempladas en el programa de garantía de calidad [88,372], se describen a continuación aquellas orientadas específicamente a la administración rotacional volumétrica.

Estabilidad de la dosis con la tasa y linealidad de las UM

La técnica VMAT, como se ha descrito, es una técnica de intensidad modulada que emplea, además, la variación de la tasa de dosis como elemento adicional para dicha modulación. Por ambas razones se hace indispensable una comprobación inicial y periódica de la estabilidad del factor de calibración de la unidad en lo referido a linealidad del mismo, así como a su variación con la tasa de dosis [373]. A estos efectos, cada tasa nominal de la unidad se trató como un haz independiente. Tales medidas fueron llevadas a cabo con una cámara de ionización tipo Farmer FC65-P (Scanditronix-Wellhöffer) inmersa en cuba de agua (Blue Phantom², IBA Dosimetry). Ambas pueden observarse en la Figura II.1.7. La linealidad fue analizada para las tasas de dosis nominales de la unidad: 600, 300, 150, 75 y 37 UM/min. Se tomó como referencia la tasa nominal de 600 UM/min, con una irradiación de 100 UM. Este procedimiento se repitió antes

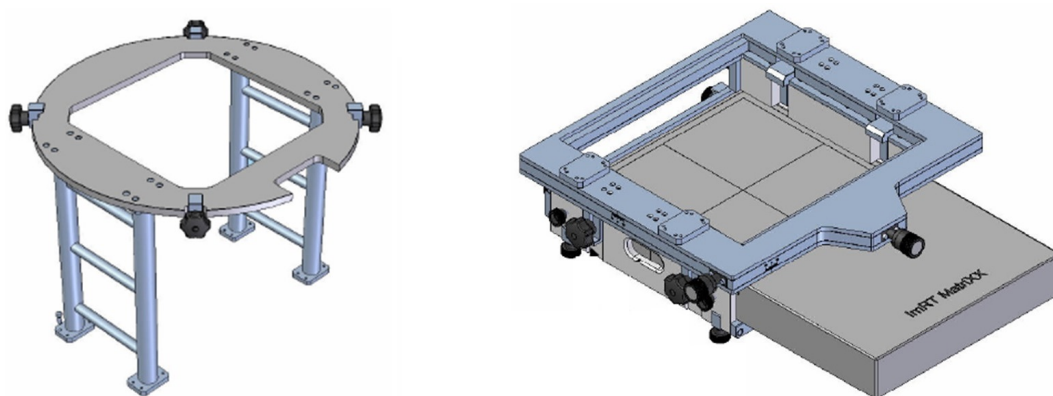


Figura II.1.8: A la izquierda puede observarse el aditamento que permite acoplar el detector MatriXX (IBA Dosimetry) al cabezal de la unidad Synergy. A la derecha se muestra el detector insertado en su alojamiento, y que se une al aditamento anterior.

y después de la adquisición de todas las medidas, quedando la referencia en el valor promedio de ambos resultados

Homogeneidad y simetría del haz

Las características especiales de la VMAT precisan de una adecuada estabilidad del haz de radiación para cualquier ángulo de incidencia [368]. Tomando nuevamente cada tasa de dosis como un haz independiente, las variaciones de planitud y simetría fueron analizadas, según las definiciones de la norma IEC (*International Electrotechnical Commission*), midiendo perfiles durante el giro de *gantry*, a lo largo de los ejes paralelo (*in-plane*) y perpendicular (*cross-plane*) al eje de rotación del brazo, para las tasas de dosis nominales de 600, 300, 150, 75 y 37 UM/min [374,375]. Para ello, se empleó un *array* bidimensional de cámaras de ionización (MatriXX Evolution, IBA Dosimetry), que será descrito ampliamente en los capítulos posteriores. Dicha matriz fue acoplada al cabezal de la unidad de tratamiento gracias al empleo de un aditamento que permite el giro solidario con el mismo, como puede observarse en la Figura II.1.8.

Dependencia angular de la dosis

La constancia del factor de calibración de la unidad de tratamiento y el estudio de su dependencia con la orientación del brazo es un parámetro recogido habitualmente dentro del programa de garantía de calidad [88,372]. No obstante, la periodicidad exigida en tales documentos de referencia (mensual) tal vez no contemple el uso estas nuevas modalidades rotacionales, cada vez más comunes. Debido a ello, es necesario implementar controles de calidad rápidos y sencillos con el fin de asegurar la constancia del factor de calibración de la unidad de tratamiento para cualquier ángulo de brazo. Para ello, se empleó el equipo de medidas diarias disponible en el HCDGU (StarTrack, IBA Dosimetry), mostrado en la Figura II.1.9. Dicho equipo consiste en una matriz de



Figura II.1.9: La matriz de cámaras de ionización StarTrack (IBA Dosimetry), empleada como equipo de medidas diarias. Con este equipo es fácilmente medible la dependencia angular de la dosis y otros parámetros.

cámaras de ionización dispuestas a lo largo de varios ejes longitudinales, dos diagonales y uno transversal que pasa por el centro del detector. Posee la misma geometría externa que el sistema MatriXX Evolution, lo que permitió su inserción en el mismo acoplamiento descrito en la sección anterior para el giro solidario con el brazo de la unidad. Medidas del factor de calibración de la unidad fueron tomadas a lo largo de la circunferencia completa de giro de brazo, cada 15° [376].

Verificación del MLC dinámico

Se han implementado diversas pruebas, tradicionales en el control de calidad de MLC, adaptadas a la dinámica de la administración volumétrica [368, 373]:

- Test de vallas (*garden fence*):
Prueba tradicional para determinar la precisión en el posicionamiento del MLC, que consistió en la irradiación de una banda o *gap* conformada por el MLC, en distintas posiciones transversales (perpendiculares a la dirección de movimiento del MLC), conformando un patrón continuo que debía poseer la misma geometría e intensidad en cada una de las irradiaciones. Las bandas irradiadas poseían dimensiones de $2\text{ cm} \times 20\text{ cm}$. La tolerancia en el posicionamiento del MLC fue establecida en 0.5 mm [83].
- Gaps dinámicos conformados con mandíbula y MLC, de barrido continuo, a distintos ángulos de *gantry*:
Banda de barrido continuo administrada mientras el acelerador irradia, con el fin de comprobar la adecuada sincronización entre el movimiento del MLC y la

administración de dosis. El objetivo fue que un *gap* barrido de forma continua condujera a un patrón de intensidad uniforme. Las dimensiones del *gap* dinámico irradiado eran de 2 cm \times 20 cm, con un barrido efectuado a un ritmo de 10 UM/cm. La tolerancia en la uniformidad de la dosis fue establecida en $\pm 2\%$.

- *Gaps* dinámicos asíncronos, a distintos ángulos de *gantry*:
Prueba consistente en una apertura de tamaño nominal de 2 cm \times 20 cm en la que, cada 2 cm a lo largo de la dirección de movimiento, las láminas anteriores detienen su movimiento; cuando la apertura reduce su anchura a 1 cm, las láminas anteriores continúan; al alcanzar las láminas posteriores la misma posición, se detienen hasta que la apertura vuelve a alcanzar los 2 cm de anchura. 20 UM fueron impartidas durante cada cm de desplazamiento o cada pausa. El objetivo de dicho test fue evaluar el comportamiento asíncrono de un haz dinámico.
- Test conjunto de los sistemas dinámicos (MLC, giro de brazo y tasa de dosis):
Se incluyó esta prueba con el objetivo de comprobar el funcionamiento conjunto de los parámetros previamente nombrados. Se propuso la medida de una secuencia VMAT consistente en cuatro bandas de distintas aperturas que barren de forma dinámica un campo determinado. Cada una de las bandas se conforma con cinco láminas, además de dos láminas de cierre en el extremo del campo (21 cm). La apertura de las bandas se va ampliando en cada una de ellas, como se recoge en la Figura II.1.10. A medida que el brazo evoluciona en su giro, describiendo el arco, la conformación de bandas definida avanza. Se buscó que el patrón definido mostrara un comportamiento homogéneo dentro de cada uno de los escalones, variando de uno a otro con una transición determinada. El arco barrido fue parcial (100°), centrado en el origen de rotaciones ($310^\circ - 50^\circ$). Cada tasa fue verificada independientemente, con un número de UM coincidente con el valor de dicha tasa nominal. El patrón descrito por el MLC completa su dinámica cuando el brazo pasa por el origen, retornando a la posición inicial al concluir. Con el fin de eliminar las posibles diferencias en las respuestas de los detectores, el patrón se normalizó por un campo abierto. Las tolerancias tomadas para la uniformidad de la dosis dentro de cada escalón fueron de $\pm 3\%$.

Como detectores, se emplearon tanto películas radicrómicas, como el detector MatriXX Evolution. Aún así, los resultados de estas pruebas se presentarán de forma cualitativa, pues se relacionan tangencialmente con objetivo central presente estudio. Se hace necesario aclarar que la última prueba fue propuesta por el autor para el borrador del documento elaborado por el Grupo de Trabajo de IMRT de la SEFM (Sociedad Española de Física Médica), como *Prueba VMAT-5*, específica para usuarios VMAT de Elekta.

II.1.3.2. Comisionado del TPS

El sistema de planificación fue comisionado siguiendo las recomendaciones establecidas en protocolos ya refrendados y conocidos [76,88,377]. En particular, dado que fue

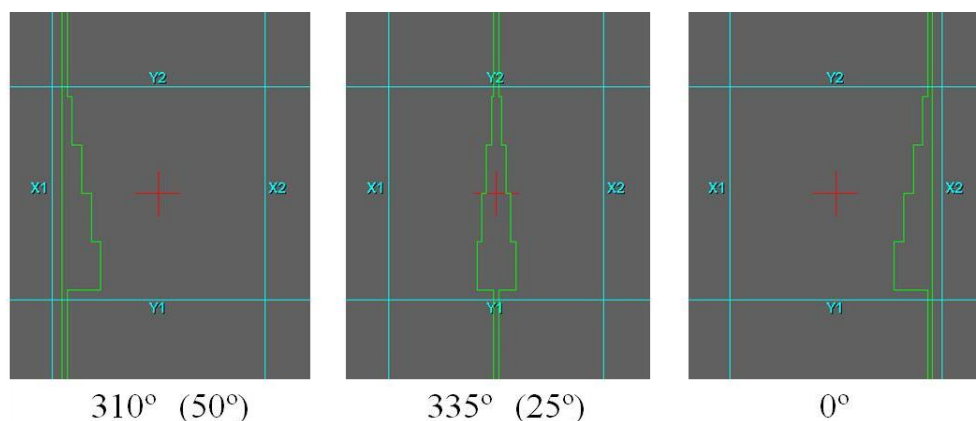


Figura II.1.10: Test conjunto de los sistemas dinámicos (MLC, giro de brazo y tasa de dosis). Se muestra la apertura de las bandas conformada para cinco posiciones de brazo a lo largo del recorrido de la prueba dinámica.

la primera ocasión en la que se trató con un algoritmo de tipo Monte Carlo, se puso especial énfasis en la comparación de los parámetros característicos de comisionado de un haz de radiación en un TPS [378,379]:

- Dosis absoluta:
Se compararon los valores calculados con los medidos en dos condiciones, a 10 cm de profundidad, para un haz rectangular de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ y 100 UM: distancia fuente - superficie (DFS) 100 cm y 90 cm.
- Factores de campo:
Se determinaron y compararon con los valores de referencia los factores de campo a 10 cm de profundidad para los haces rectangulares de 2×2 , 3×3 , 4×4 , 5×5 , 7×7 , 10×10 y $20 \times 20 \text{ cm}^2$.
- Perfiles y curvas de porcentaje de dosis en profundidad:
Se calcularon y compararon con las curvas de referencia los perfiles a la profundidad del máximo y las curvas de rendimiento en profundidad para los campos regulares de 2×2 , 3×3 , 4×4 , 5×5 , 10×10 y $20 \times 20 \text{ cm}^2$.

En todos los cálculos se empleó una retícula de 3 mm y una varianza para el Monte Carlo de 0.5 %.

II.1.3.3. Modelado de la mesa de tratamiento en el TPS

A la luz de todo lo visto, las técnicas volumétricas requieren del empleo de mesas de tratamiento con tableros que posean la menor atenuación posible, compatibles, a su vez, con la robustez propia de su función. El aumento de incidencias posteriores en tratamientos de arcoterapia puede ser notable respecto de las técnicas habituales. Para

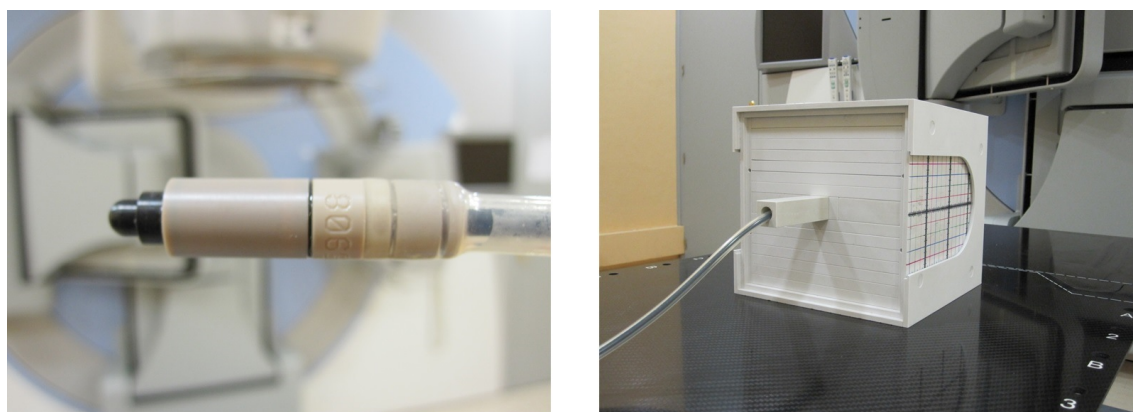


Figura II.1.11: A la izquierda se muestra una cámara de ionización CC04 (Scanditronix-Wellhöffer), mientras que a la derecha puede observarse dicho detector insertado en el maniquí EasyCube (IBA Dosimetry).

un segmento particular dentro de la administración VMAT, la mesa de tratamiento introduce una atenuación que puede oscilar entre el 2% y el 10%, en los casos más extremos. La magnitud de la absorción dependerá del espesor del tablero, de la energía del haz de tratamiento y del ángulo de incidencia del mismo, según la posición del brazo de la unidad [380-383]. Es por ello altamente recomendable la inclusión del tablero en el cálculo de los tratamientos, a la vista de la complejidad de la técnica y el impacto de tal consideración sobre la misma; todos los tratamientos incluidos en el presente estudio fueron generados según estas condiciones. La evaluación de la inclusión del tablero en la planificación fue llevada a cabo a partir de la funcionalidad para su gestión y manipulación que posee el TPS, incluyéndolo como estructuras de interés sobre el CT [384]. El tablero de la unidad Synergy (iBEAM Evo, Elekta) posee un núcleo de espuma plástica embebido entre planchas de fibra de carbono. La aplicación de diversos valores para la densidad electrónica del núcleo y la fibra de carbono fue estudiada, resultando los más adecuados 0.03 g/cm^3 y 0.55 g/cm^3 , respectivamente [57, 385].

Para comprobar la validez de esta elección, un haz de fotones de 6 MV fue irradiado sobre un maniquí homogéneo (EasyCube, IBA Dosimetry) [384]. Un tamaño de campo de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ fue seleccionado, administrando 100 UM en la posición cental del maniquí, con distintos ángulos de *gantry*, equidistantes 5° . Las lecturas fueron recogidas con una cámara de ionización CC04 (Scanditronix-Wellhöffer), como se muestra en la Figura II.1.11. Posteriormente, fueron comparadas con los cálculos realizados en el TPS (rejilla de cálculo de 3 mm y varianza del 1% para el Monte Carlo) en las mismas condiciones, con la estructura propuesta para la mesa.

II.1.3.4. Control de calidad del sistema de IGRT

El sistema de imagen es chequeado periódicamente. Como se verá en la siguiente sección, todos los tratamientos de próstata son sometidos a un protocolo de corrección

on-line mediante CBCT. Es indispensable asegurar el correcto funcionamiento de dicho sistema, en lo referido a la coincidencia de los isocentros terapéuticos y de imagen, tal y como recogen las recomendaciones establecidas [386–388]. Las pruebas habituales suponen la realización de un test con el maniquí Ball Bearing Phantom, suministrado por el fabricante. La discrepancia entre isocentros es analizada con una precisión inferior a 0.25 mm, si bien requiere de un tiempo mínimo de realización en torno a 45 minutos. Nuestro centro implementó dos alternativas rápidas para la verificación rutinaria de la coincidencia entre isocentros [389], relegando el sistema del fabricante a una periodicidad semestral:

- El primero se basó en el empleo de un maniquí cúbico homogéneo (EasyCube), habitual en el control de calidad individualizado de tratamientos de IMRT. El maniquí ofrece en todas sus caras una serie de reglas que proporcionan una precisión en su posicionamiento de 1 mm. Se realizó un CT del mismo (cortes de 1 mm de espesor) al que se asoció un isocentro virtual coincidente con su centro. El procedimiento consistió en la colocación del cubo sobre la mesa de tratamiento del tal forma que su centro coincidiera con el isocentro del acelerador, y en la posterior adquisición de una imagen de CBCT. Las correcciones propuestas al usuario al reconstruir la imagen y compararla con el CT de referencia debían ser ≤ 1.5 mm en los tres ejes. Esta prueba se realizó con una periodicidad semanal [387]. Adicionalmente, el montaje permitía desplazar el cubo a una posición conocida respecto del isocentro, de tal manera que las correcciones propuestas por el equipo, y que serían trasladadas a la mesa de tratamiento para su compensación automática, podrían ser también verificadas.
- El método previo se basó en el empleo de un maniquí no diseñado específicamente para tal circunstancia. Posteriormente, el servicio pudo adquirir un dispositivo especialmente orientado a este fin (Radiation Products Design, Inc), consistente en un maniquí cúbico acrílico de 73 mm de lado, que contiene tres marcadores de tungsteno de 2 mm de diámetro. Se mantuvo el protocolo de adquisición así como las periodicidades asociadas a la prueba.

II.1.4. VMAT aplicada al tratamiento de próstata

Esta sección describe la metodología aplicada al tratamiento de próstata en el HCDGU.

II.1.4.1. Metodología y esquema de tratamiento

La técnica VMAT es aplicada a todos los casos de próstata tratados con EBRT en el HCDGU. Los pacientes fueron simulados en decúbito supino. Se empleó una almohada para la cabeza y un soporte poplíteo bajo las piernas, que quedan fijas junto con los pies gracias al empleo de un inmovilizador. El CT de simulación fue adquirido con un espesor de corte de 3 mm.

A partir de las consideraciones mostradas en la introducción, acerca de la estadificación de la enfermedad, la técnica se aplicó al tratamiento para los casos de alto, intermedio y bajo riesgo, así como al tratamiento radioterápico tras prostatectomía. Respecto de los tratamientos y pacientes seleccionados para este estudio, los volúmenes blanco a considerados fueron los siguientes:

- Pacientes de alto riesgo: glándula prostática, vesículas seminales y ganglios linfáticos pélvicos.
- Pacientes de riesgo intermedio: glándula prostática y vesículas seminales.
- Pacientes de bajo riesgo: glándula prostática, únicamente.
- Radioterapia tras prostatectomía: lecho quirúrgico.

La técnica de *boost* integrado simultáneo (SIB) fue empleada en caso de encontrar más de dos volúmenes blanco. Dicha técnica presenta ventajas dosimétricas, clínicas, logísticas y económicas [390–392]; permite, además, mejorar la separación de dosis entre volúmenes blanco y OARs, así como alcanzar un mayor grado de modulación y distinción entre los distintos niveles de dosis en los PTVs; por otra parte, permite adaptar de un modo sencillo las dosis de prescripción al esquema hipofraccionado, a la vez que reduce la carga de trabajo de planificación, puesto que requiere de un único plan de tratamiento. Para los estadios de alto, intermedio y bajo riesgo, se empleó un esquema moderado de tratamiento hipofraccionado, administrando el tratamiento en 28 fracciones [393, 394]. Las dosis equivalentes pueden obtenerse empleando el modelo lineal-cuadrático, discutido más en profundidad en el Apéndice V.C. Así, la dosis equivalente a un tratamiento administrado con fraccionamiento convencional de 2 Gy por sesión (EQD2) puede extraerse, según el modelo anterior, como [5, 330]:

$$EQD2 = \frac{nd \left(1 + \frac{d}{\alpha/\beta} \right)}{1 + \frac{2}{\alpha/\beta}} \quad (\text{II.1.9})$$

siendo n y d el número de sesiones y la dosis administrada en cada una de ellas, respectivamente, para el esquema respecto del cual se desea calcular la equivalencia. Tal y como ya se mencionó en la sección I.3.8.2, parece claro que el cociente α/β es más bajo que el habitual en la mayor parte de tumores. La mayor parte de autores recogen valores comprendidos en el intervalo entre 1 y 3 Gy. No obstante, existe un consenso cada vez más aceptado que conduce a un valor para la próstata cercano a $\alpha/\beta = 1.5$ Gy [335–338]. Este fue el valor considerado a lo largo de todo el presente estudio. Con esta consideración, las dosis de prescripción para el esquema de hipofraccionamiento moderado descrito previamente, así como su EQD2, vienen recogidas en la Tabla II.1.3.

Para los tratamientos de lecho de próstata tras prostatectomía, la dosis prescrita fue 74 Gy administrados con un fraccionamiento convencional en 37 sesiones.

Tabla II.1.3: Esquema de hipofraccionamiento moderado aplicado en el tratamiento de próstata.

<i>Volumen blanco</i>	Próstata	Vesículas seminales	Ganglios linfáticos
<i>Dosis por fracción (Gy/fr)</i>	2.5	2.0	1.8
<i>Dosis de prescripción (Gy)</i>	70.0	56.0	50.4
<i>EQD2 (Gy)</i>	80.0	56.0	47.5

EQD2: dosis equivalente a un fraccionamiento de 2 Gy por sesión.

Los OARs contorneados habitualmente fueron recto, vejiga, cabezas femorales y bulbo peneano; en los pacientes de alto riesgo, por la implicación de la irradiación pélvica, se contornearon adicionalmente las asas intestinales en aquellos casos en los que fue requerido. Las dosis de tolerancia para los mismos ya fueron presentadas en la Tabla I.3.7. Estos valores fueron recogidos para toxicidades observadas en fraccionamientos convencionales, por lo que pueden ser aplicados directamente sólo al tratamiento de lecho. La variación introducida en el esquema hipofraccionado descrito anteriormente hace necesario obtener un nuevo conjunto de límites de dosis para órganos de riesgo. Para ello, se empleó nuevamente el modelo lineal-cuadrático, aplicando el concepto de dosis biológica equivalente (DBE) [5, 330] (Apéndice V.C):

$$DBE = nd \left(1 + \frac{d}{\alpha/\beta} \right) \quad (\text{II.1.10})$$

Los valores para el parámetro α/β de los distintos OARs puede ser obtenido en la literatura. Se han reportado valores de dicho parámetro de 3.9 Gy [395] y 5.4 Gy [396] para recto. Para vejiga, valores de 3.4 - 4.5 Gy [2] y 6 Gy [397] han sido propuestos. No obstante, con un planteamiento conservador, se escogió un valor $\alpha/\beta = 3$ Gy para todos los órganos de riesgo reportados en el presente estudio. Los valores resultantes serán, en todo caso, más restrictivos que los obtenidos al aplicar algunos de los datos recogidos en la bibliografía. Además, el parámetro escogido consituye una elección promedio ampliamente empleada para OARs [5]. Con todo lo anterior, los valores recogidos en la Tabla I.3.7 fueron obtenidos para el nuevo fraccionamiento; tales valores pueden observarse en la Tabla II.1.4

II.1.4.2. Planificación de tratamientos

Los tratamientos de próstata fueron planificados para ser administrados en un único arco completo de VMAT [359, 398-400]. El margen CTV-PTV seleccionado fue de 5 mm. Esta elección, tal y como se discutió ampliamente en la sección I.3.8.1, fue posible gracias al empleo de un intenso programa de guiado por imagen, realizado mediante CBCT, como se explicará pormenorizadamente en la siguiente sección. Con tales requisitos, dicho margen resulta adecuado para asegurar la correcta absorción de dosis en el volumen blanco [401-407].

Tabla II.1.4: Dosis de tolerancia en órganos de riesgo para la patología de próstata en fraccionamiento convencional, y con el esquema de fraccionamiento propuesto, considerando $\alpha/\beta = 3$ Gy.

Órgano de riesgo	Límites de dosis (2 Gy/fracción)	Límites de dosis (2.5 Gy/fracción)
Recto	$V_{50} < 50 \%$	$V_{45.4} < 50 \%$
	$V_{60} < 35 \%$	$V_{54.5} < 35 \%$
	$V_{65} < 25 \%$	$V_{59.1} < 25 \%$
	$V_{70} < 20 \%$	$V_{63.6} < 20 \%$
	$V_{75} < 15 \%$	$V_{68.2} < 15 \%$
Vejiga	$V_{65} < 50 \%$	$V_{59.1} < 50 \%$
	$V_{70} < 35 \%$	$V_{63.6} < 35 \%$
	$V_{75} < 25 \%$	$V_{68.2} < 25 \%$
	$V_{80} < 15 \%$	$V_{72.7} < 15 \%$
Cabezas femorales	$D_{max} < 50$ Gy	$D_{max} < 45.4$ Gy
Bulbo peneano	$D_{med} < 50$ Gy	$D_{med} < 45.4$ Gy
Intestino delgado (asas)	$V_{15} < 120$ cc	$V_{13.6} < 120$ cc
Intestino delgado (cavidad peritoneal)	$V_{45} < 195$ cc	$V_{40.9} < 195$ cc

D_{max} : dosis máxima; D_{med} : dosis media.

Para la optimización de los planes de tratamiento de próstata, se emplearon funciones de coste tanto biológicas, como físicas. Atendiendo a la jerarquía y la descripción de las funciones de coste realizada previamente, el esquema general aplicado a la plantilla de optimización para el grupo de pacientes analizado fue el siguiente:

- PTV Próstata:
 - Función *Target EUD*, con un valor para la *EUD* equivalente a la dosis de prescripción, 70 Gy.
 - Función de coste física para penalizar zonas sobredosificadas, en torno a niveles de dosis de 71.5 Gy.
 - Función de coste física asignando un valor máximo para la dosis de 75 Gy para este volumen.
 - Para el caso de lecho de prostatectomía, se emplearon las mismas funciones, asignando los siguientes valores, respectivamente: 74, 75, 80.5 Gy.
- PTV Vesículas:
 - Función *Target EUD*, con un valor para la *EUD* equivalente a la dosis de prescripción, 56 Gy.

- Función de coste física para penalizar zonas sobredosificadas, en torno a niveles de dosis de 59 Gy. Se introdujo un *shrink margin* de 7 mm, para evitar la infradosificación de la próstata en la zona que solapa con este volumen.
- PTV Ganglios linfáticos:
 - Función *Target EUD*, con un valor para la *EUD* equivalente a la dosis de prescripción, 50.4 Gy.
 - Función de coste física para penalizar zonas sobredosificadas, en torno a niveles de dosis de 54 Gy. Se introdujo un *shrink margin* de 15 mm, para evitar la infradosificación de la próstata y las vesículas en las zonas que solapan con este volumen.
- Recto:
 - Función *Serial complication model*, penalizando intensamente niveles de dosis alrededor de 37 Gy (exponente $k = 12$). Se introdujo un *shrink margin* de 5 mm para evitar la infradosificación del PTV prostático en las zonas de solapamiento con el recto.
 - Funciones *Serial complication model*, penalizando moderadamente niveles de dosis en torno a 33 y 28 Gy (exponentes $k = 10$ y $k = 8$). Se introdujeron valores para el *shrink margin* de 6 mm y 10 mm, con el mismo fin que en el caso anterior.
 - Para el caso de lecho de prostatectomía, se emplearon las mismas funciones, asignando los siguientes valores, respectivamente: 39, 35 y 30 Gy.
- Vejiga:
 - Función *Serial complication model*, penalizando moderadamente niveles de dosis alrededor de 38 Gy (exponente $k = 8$). Se introdujo un *shrink margin* de 10 mm con el mismo fin que en el caso anterior. Una única función fue suficiente para modelar adecuadamente el comportamiento en vejiga.
 - Para el caso de lecho de prostatectomía, se empleó un valor en torno a 40 Gy para la función.
- Cabezas femorales:
 - Función de coste física asignando un valor máximo para la dosis de 45.4 Gy (50 Gy en el caso de lecho) para este volumen.

- Bulbo peneano:

- Su toxicidad, descrita en función de la dosis media, hizo que resultara adecuada una función de coste *Serial complication model* con un exponente bajo ($k = 2$) en torno a dicho valor (45.4 Gy en el caso de próstata, y 50 Gy en el caso de lecho), puesto que este rudimento resultó útil para el modelado de tal toxicidad.

- Intestino delgado:

- Necesario únicamente en el caso de alto riesgo; los valores descritos se modelaron con funciones de coste físicas para penalizar valores concretos sobre el DVH, atendiendo a los límites previamente descritos.

Se tomó, para todos los pacientes, un valor de la desviación estándar del 2 % para el cálculo Monte Carlo de cada punto de control, lo que se tradujo en un 0.5 % para la totalidad del tratamiento. La malla de cálculo fue elegida con una resolución de 2 mm. Para la optimización de la fluencia en el cálculo VMAT, se empleó una amplitud de 30°. La anchura mínima permitida para los segmentos fue de entre 0.5 y 1 cm, según el caso. La asignación para el número máximo de puntos de control fue de entre 150 y 200, según el nivel de modulación requerido en cada situación.

II.1.4.3. Aplicación de técnicas de guiado por imagen

Todos los pacientes de próstata involucrados en el presente estudio fueron tratados incluyendo un protocolo *on-line* de IGRT, consistente en la adquisición diaria de una imagen de CBCT de kV mediante el sistema XVI integrado en la unidad de tratamiento. Para ello, se efectúa una adquisición completa, de 360°, durante la cual el sistema acumula aproximadamente unas 650 imágenes planas, que emplea para reconstruir una imagen tridimensional del paciente, a comparar con el CT de referencia. El tiempo empleado en dicha adquisición es del orden de dos minutos. Posteriormente es necesario realizar una fusión rígida entre ambos estudios, lo que permite conocer las traslaciones y rotaciones necesarias para corregir el posicionamiento del paciente. La mesa de tratamiento permite implementar de manera automática las traslaciones (3 grados de libertad); las rotaciones, deben corregirse, eventualmente, de forma manual. No obstante, en la mayor parte de las situaciones, éstas resultaron pequeñas, inferiores a 2° para los tres ejes, por lo que pudieron compensarse mediante traslaciones. El algoritmo de fusión emplea un tiempo que oscila entre 30 y 60 segundos para la misma. La evaluación del posicionamiento es realizada por el médico especialista en oncología radioterápica el día del inicio del tratamiento, y siempre que alguno de los desplazamientos supere 7 mm en alguna de las direcciones. En el resto de los casos (salvo situaciones especiales), los técnicos especialistas en radioterapia evalúan el posicionamiento del paciente, implementando de forma autónoma las correcciones requeridas.

La preparación fisiológica de los pacientes es crucial a la hora de evaluar el posicionamiento de la glándula prostática mediante CBCT. Un incorrecto llenado de la vejiga supone no administrar el tratamiento hasta que el mismo no sea adecuado con la ingesta de agua (entre 250 y 500 ml) y la espera correspondiente. De la misma manera, la presencia de heces o gases en el recto redunda nuevamente en un impedimento para la aplicación del tratamiento; esta situación suele paliarse, en la mayor parte de los casos, con la administración ocasional de microenemas.

II.1.4.4. Grupo de pacientes de próstata analizados en el presente estudio

Los capítulos siguientes describen las métricas introducidas en el estudio. Tras la validación de las mismas, las más relevantes fueron aplicadas a la patología de próstata, por resultar paradigmática en la aplicación de las técnicas volumétricas. El grupo de pacientes seleccionado para el estudio consistió en 25 tratamientos de cada una de los estadios usuales previamente descritos (alto, intermedio y bajo riesgo), a los que se unieron otros 25 planes de lecho tras prostatectomía, lo que resultó en un número total de 100 tratamientos.

Los parámetros dosimétricos representativos de los DVHs fueron evaluados. Los parámetros de evaluación para los volúmenes blanco fueron extraídos siguiendo las recomendaciones ICRU para el registro e informe de tratamientos de intensidad modulada [84]. En el caso de los OARs, los límites de dosis establecidos en recomendaciones habituales, tanto clásicas [408], como revisadas recientemente (QUANTEC) [263], fueron reportados [409]. Asimismo, se extrajo información administrativa relevante respecto de la administración de dichos tratamientos, esto es, valores de UM, número de puntos de control y tiempo de administración de los mismos [410]. El objetivo de este último parámetro consistió en demostrar la bondad en la conjugación adecuada de tiempos entre técnicas de IGRT y tratamientos volumétricos en la práctica diaria.

Capítulo II.2

Métricas clásicas aplicadas al tratamiento volumétrico

II.2.1. Breve introducción

Tal y como se ha descrito en los objetivos, se partió del paradigma de verificación aplicado a la IMRT tradicional, con el fin de extender el mismo al control de calidad individualizado de tratamientos de VMAT. Éste capítulo describe la implementación y aplicación de una matriz bidimensional de cámaras de ionización, con distintos complementos y disposiciones experimentales, aplicada a la verificación independiente de tratamientos rotacionales. Se partió de la hipótesis de que los detectores empleados habitualmente en el control de calidad en IMRT pueden ser empleados igualmente en VMAT con la ayuda de los aditamentos adecuados. El estudio incluyó los resultados para 111 pacientes de diversas patologías tratados mediante técnicas volumétricas [411, 412].

En la IMRT tradicional, como se vio en la introducción, la verificación individualizada a paciente se compone generalmente de dos fases; la primera suele consistir en una medida de dosis absoluta en un punto de referencia con cámara de ionización, complementada con, al menos, una medida de distribución de dosis en un plano. Para la segunda de estas fases suele seguirse alguno de los dos métodos siguientes:

- Administración del tratamiento real sobre un maniquí que contiene el detector, bien sea una película radiográfica, radiocrómica, o una matriz bidimensional de detectores.
- Verificación del tratamiento campo a campo, para cada posición individual de *gantry*.

El primer método presenta la ventaja de administrar el tratamiento real tal y como se va a realizar sobre el paciente. A la verificación, por tanto, se incorporan efectos como la atenuación de la mesa de tratamiento o el pandeo del *gantry* en su rotación. Sin embargo, al administrar el tratamiento de forma completa, se complica la tarea de

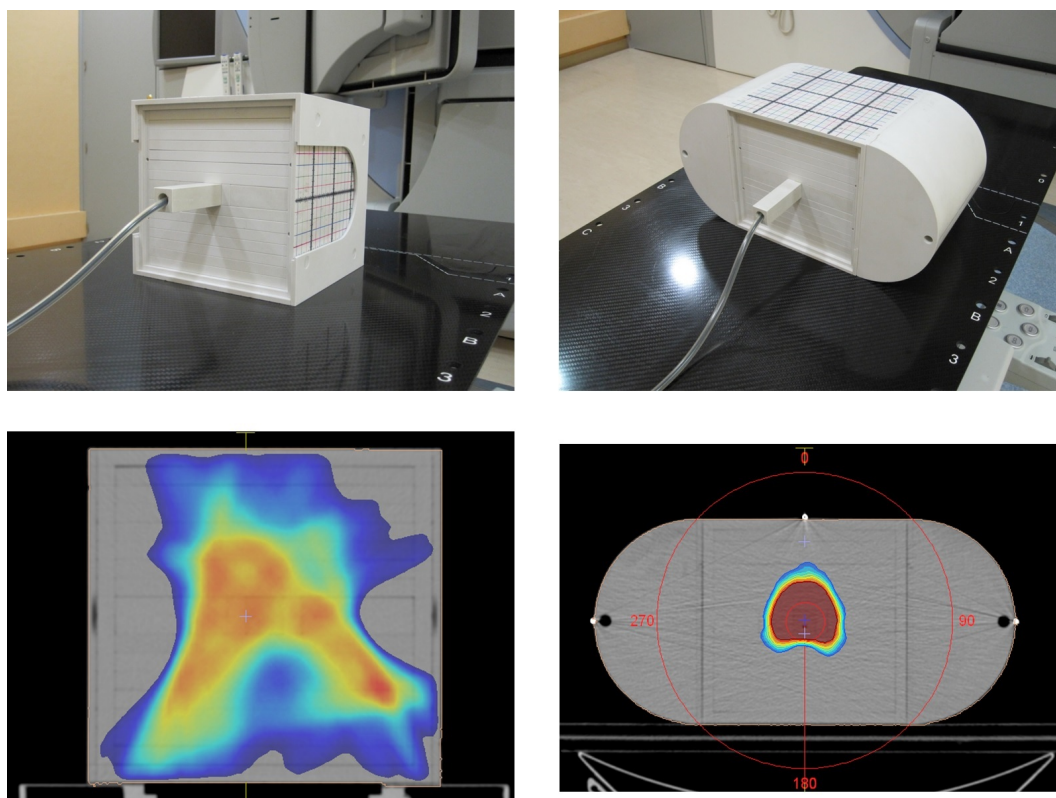


Figura II.2.1: Empleo del maniquí EasyCube para las medidas de dosis puntual en un caso de cabeza y cuello (izquierda) y próstata (derecha). En la parte superior se muestra la cámara CC04 insertada en el maniquí. En la inferior se aprecian las distribuciones de dosis calculadas por el TPS.

determinar las causas de posibles discrepancias, en caso de que éstas aparecieran. El segundo método, por otra parte, permite aislar el origen de las posibles discrepancias, a costa de enmascarar posibles efectos provenientes de la dinámica del tratamiento, puesto que en muchas ocasiones el brazo de la unidad permanece estático, generando un haz perpendicular al detector.

En la línea de acercar la mecánica tradicional de la IMRT a la VMAT, se plantean a continuación las distintas técnicas sugeridas para ello. Los métodos y niveles de acción fueron tomados, como se ha dicho, de los tradicionales en IMRT, basándose en el argumento de que los resultados no deberían ser sensiblemente diferentes. Las distintas modalidades fueron aplicadas a la verificación de los 111 tratamientos definidos como muestra para este estudio, entre los que se incluyeron localizaciones de cabeza y cuello, próstata, pulmón, esófago, tumores gástricos, recto, vejiga o metástasis únicas tratadas con técnicas de radioterapia estereotáxica extracraneal (SBRT). Como TPS, se empleó Monaco en su versión 2.03.

II.2.2. Verificación puntual de dosis absoluta con cámara de ionización

El primer paso consistió en la comparación de valores puntuales de dosis absoluta, como es habitual en las verificaciones de tratamientos modulados. Se extrajeron las diferencias observadas entre las dosis calculadas y medidas en un punto de referencia para los 111 tratamientos propuestos. En el TPS se tomó una resolución de la rejilla de cálculo de 3 mm y una varianza en el cálculo Monte Carlo de un 2 %. Las medidas fueron realizadas con una cámara de ionización CC04, cuyo volumen activo es de 0.04 cm³. La cámara fue insertada en el maniquí EasyCube, ya visto en el capítulo anterior, que permite simular anatomías de cabeza y cuello, tórax y abdomen, siendo equivalente a agua. Puede observarse el maniquí, con las distintas disposiciones en la Figura II.2.1. El punto de medida fue elegido en una zona de alta dosis y bajo gradiente de dosis, según las recomendaciones establecidas [83]. La medida es considerada válida cuando la diferencia no supera un determinado valor umbral; una tolerancia de un 3 % fue tomada según las condiciones consideradas. Es posible, no obstante, que alguno de los tratamientos viera superado tal umbral; esto podría ser debido a la imposibilidad de encontrar un punto adecuado para dicha comprobación dentro de las posibilidades que ofrece la disposición del conjunto cámara - maniquí. En tal caso, se acudiría a la segunda tanda de pruebas para admitir la validez o no del tratamiento.

II.2.3. Verificación de distribuciones de dosis planares empleando una matriz de cámaras de ionización

II.2.3.1. Equipo detector y metodología

Las verificaciones fueron realizadas empleando una matriz bidimensional de cámaras de ionización (MatriXX Evolution), que fue brevemente descrita en el capítulo anterior. Dicho dispositivo consiste en un *array* de 1020 cámaras de 0.08 cm³ que, separadas 7.619 mm, cubren un área activa de 24.4 × 24.4 cm². La versatilidad del equipo es de sobra conocida tanto para el control de calidad básico de unidades de tratamiento, como para la verificación independiente de tratamientos de IMRT [413, 414]. La respuesta del detector se obtiene con la ayuda del software correspondiente (OmniPro I^mRT, IBA Dosimetry). El conjunto puede ser calibrado por el usuario en términos de dosis absoluta para un tamaño de campo de referencia. El tiempo de muestreo del detector fue fijado en 150 ms. El detector MatriXX Evolution puede observarse en la Figura II.2.2.

Las distribuciones planas de dosis fueron calculadas en el TPS en las mismas condiciones que la dosis puntual (rejilla de 3 mm y varianza del Monte Carlo del 2 %). Estas distribuciones fueron empleadas como referencia para el análisis mediante el criterio gamma [150]. Las condiciones tomadas para el mismo fueron $\Delta D = 3\%$ en dosis y

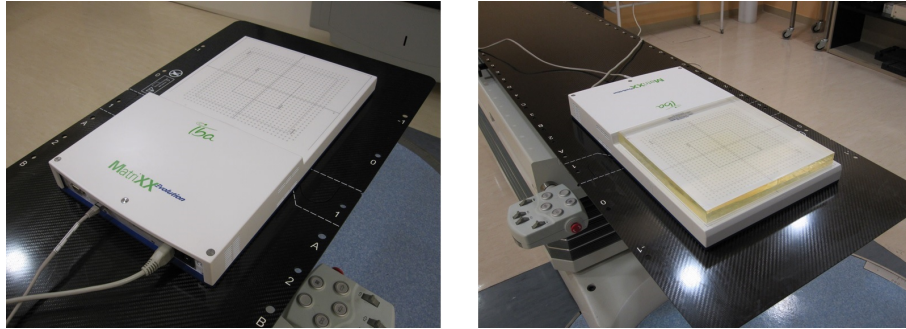


Figura II.2.2: Matriz de cámaras de ionización MatriXX Evolution. A la izquierda se muestra el propio detector, mientras que a la derecha, puede observarse con un espesor de equilibrio de 2.5 cm, dispuesto para las medidas típicas en la IMRT habitual, colapsando los ángulos de brazo a 0° .

$\Delta d = 3$ mm en distancia, encontrándose entre las más habituales [139,149]. El cálculo gamma fue global, estando referido ΔD al máximo de la distribución. Asimismo, el criterio fue completado con un umbral de baja dosis de un 10 % de la dosis máxima. Las distribuciones obtenidas con el detector fueron sometidas a un proceso de suavizado, tal y como recomiendan algunos autores [151] y el propio manual de la aplicación empleada. La resolución de la malla exportada por el sistema de planificación (1 mm) fue reconvertida a la del detector (7.619 mm), simulando lo que la matriz *ve*. Posteriormente, ambas fueron convertidas de nuevo a 1 mm, con el fin de aumentar el muestreo de puntos, puesto que el cálculo gamma es discreto.

El empleo de este detector junto con una serie de maniqués y aditamentos adicionales permitió la verificación de tratamientos de VMAT según diversos montajes.

II.2.3.2. Detector situado sobre la mesa de tratamiento

En esta disposición, la matriz fue situada de forma estática sobre la mesa de tratamiento. Un espesor de 2.5 cm de plexiglás fue colocado sobre la misma, cubriendo el plano de detección. Puede observarse tal disposición en la Figura II.2.2. La elección de esta opción supuso la administración de todos los puntos de control VMAT a 0° , una práctica habitual en las verificaciones de la IMRT tradicional. No obstante, la situación fue tal que la administración dinámica, propia de la técnica VMAT, quedó restringida al MLC dinámico.

II.2.3.3. Detector situado en un alojamiento para el *gantry*

Con la ayuda de un aditamento especial, el *array* de detectores fue acoplado al cabezal de la unidad de tratamiento, manteniendo la posibilidad de situar al detector bajo el mismo espesor de equilibrio que en el montaje anterior. Con la ayuda de este *holder*, la distancia fuente - detector fue de 100 cm. Esta opción permitió mantener la



Figura II.2.3: Aditamento que permite fijar la matriz de detección en un *holder*, que permite el giro solidario del conjunto con el brazo de la unidad de tratamiento.

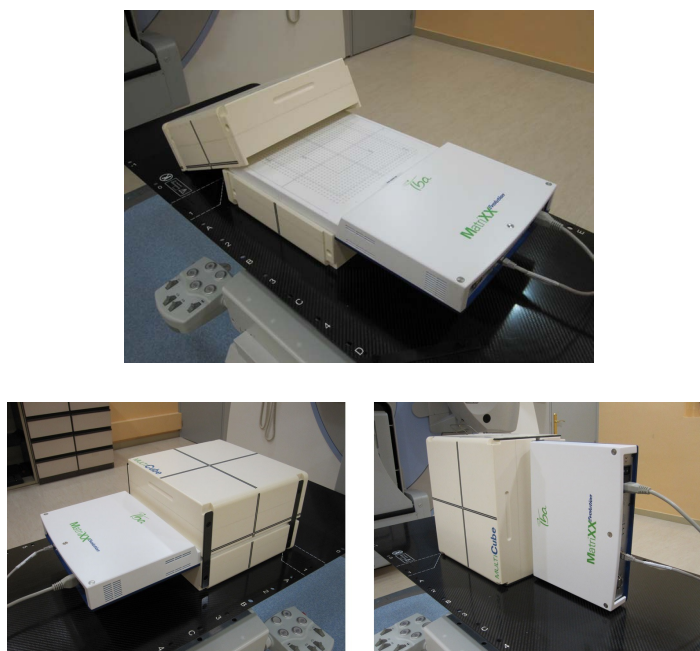


Figura II.2.4: Equipo MatriXX Evolution insertado en el maniquí homogéneo MultiCube (IBA Dosimetry). En la parte inferior se aprecian las dos disposiciones permitidas por el conjunto, para la medida de planos coronales (izquierda) y sagitales (derecha).

administración dinámica del tratamiento, puesto que el detector se desplaza solidariamente con el brazo de la unidad. Este fue el montaje inicial seguido en nuestro centro. Puede observarse tal montaje en la Figura II.2.3. Aún así, se buscó una evolución hacia una medida volumétrica, acorde con la definición de la técnica. Para el presente estudio, se recogieron los resultados aplicados a 79 de los 111 tratamientos descritos.

II.2.3.4. Detector insertado en un maniquí cúbico homogéneo

Por otra parte, el sistema MatriXX puede ser insertado, a su vez, en un maniquí homogéneo de geometría cúbica (MultiCube, IBA Dosimetry), equivalente a agua. El conjunto está preparado para mantenerse estacionario sobre la mesa de tratamiento mientras el tratamiento se imparte de forma dinámica en torno a él. La matriz se rodea del suficiente espesor de equilibrio y retrodispersor (11 cm para ambos) como para ofrecer una respuesta comparable a la situación clínica real, con presencia de paciente. El plano donde el detector se sitúa está marcado para su alineación en la superficie del maniquí, evitando posibles errores en el posicionamiento del mismo, asegurando la repetibilidad de las medidas. El sistema presenta la ventaja de poder verificar varios planos de dosis, puesto que la robustez del conjunto maniquí + detector permite la disposición del mismo tanto para medidas de distribuciones coronales como sagitales. Puede observarse en la Figura II.2.4.

No obstante, se ha mostrado que la dosis medida por el detector MatriXX Evolu-

tion depende del ángulo de incidencia del haz sobre el mismo [415]. A medida que la irradiación sobre la matriz se aleja de la perpendicularidad a 0° , la dependencia se ve incrementada. Por tanto, para obtener una buena coincidencia entre las distribuciones medidas con el detector y las calculadas, es necesario el establecimiento de una serie de factores de corrección angular [171, 412, 416, 417]. Dichos factores son dependientes del espesor de equilibrio/retrodispersión, así como de la energía del haz empleado. Es necesario aclarar que la lectura de cada una de las cámaras individuales que compone el *array* de detectores es independiente de la dirección del haz, siempre que las mismas se empleen o consideren aisladas del sistema completo. La dependencia aparece cuando están inmersas en una estructura compleja multicapa. Dicho de otra forma, tal dependencia debe ser entendida como de la matriz como un todo, no de cada uno de los elementos sensibles que la componen.

Los factores de corrección para cada cámara, $FC_{i,j}(\theta)$, fueron extraídos comparando las medidas de dosis adquiridas por el conjunto MatriXX + MultiCube con una serie de valores de referencia. Tales valores fueron obtenidos con la ayuda del TPS. La dosis fue calculada con campo abierto ($27 \times 27 \text{ cm}^2$) para un haz que irradiaba, bajo un ángulo θ , el CT del detector insertado en el maniquí. Se tomó una rejilla de cálculo de 2 mm y una varianza del Monte Carlo de 1 %. Sobre el CT, se determinó el valor de dosis calculado en cada una de las posiciones correspondientes a las cámaras sobre la matriz, $DC_{i,j}(\theta)$. La dosis con el conjunto MatriXX + MultiCube fue extraída para las mismas condiciones de ángulo y tamaño de campo, obteniendo las lecturas medidas con cada una de las cámaras del detector como $DM_{i,j}(\theta)$. Con estas consideraciones, los factores de corrección para cada ángulo de *gantry* fueron determinados con la siguiente expresión:

$$FC_{i,j}(\theta) = \frac{DC_{i,j}(\theta)/DC_{i,j}(0)}{DM_{i,j}(\theta)/DM_{i,j}(0)} \quad (\text{II.2.1})$$

Las medidas fueron presentadas normalizadas a la incidencia perpendicular a la matriz, a 0° , para la cual, por definición, $FC_{i,j}(0) = 1$.

Se hace necesario, no obstante, establecer en una consideración importante. Como se vio en el capítulo previo, la atenuación de la mesa no es despreciable en los tratamientos volumétricos. La obtención de los factores de corrección incluyendo la atenuación de la mesa es complicada, puesto que un único factor no puede englobar todas las dependencias de dicha atenuación, entre las que podemos encontrar:

- Ángulo del *gantry*.
- Altura de la mesa.
- Posición del detector.
- Posición relativa de los segmentos de tratamiento respecto del propio detector.
- Espesor del material retrodispersor para cada incidencia y elemento detector.

La primera solución planteada consistió en la inclusión del tablero en el cálculo de los tratamientos, procedimiento descrito anteriormente en el texto. No obstante, como se comprobará en los resultados, el modelado de la mesa redujo enormemente la dependencia de la misma, aunque no fue eliminada por completo. Se optó entonces por seguir un procedimiento alternativo, dado que además la versatilidad del equipo detector así lo permitió. La obtención de los factores de corrección sin irradiar a través de la mesa fue llevada a cabo situando el detector en una configuración adecuada para la medida de planos sagitales, apoyado sobre una de las caras laterales del maniquí MultiCube. Asumiendo que el conjunto detector es simétrico, los factores entre 0° y 180° fueron extraídos, aplicando tal condición de simetría para el resto (180° a 360°). Dado que la corrección más importante será la observada para incidencias cercanas a las tangenciales al detector (90° y 270°), las medidas fueron adquiridas con intervalos de 1° entre 85° y 95° (265° y 270°), y de 5° en el resto. Nótese que los valores angulares previos fueron referidos al detector, y no al brazo de la unidad; 0° indicaría una incidencia normal respecto del detector, lo que equivaldría a un ángulo de *gantry* de 270° si el detector se dispone para la medida de planos sagitales; 90° equivaldría a una irradiación tangencial sobre la matriz, etc.

Una vez obtenidos los $FC_{i,j}(\theta)$, las distribuciones de dosis corregidas fueron extraídas multiplicando las lecturas de cada una de las cámaras del *array* por el factor de corrección correspondiente. Para proceder con la aplicación de tales factores fue necesario asociar cada intervalo o elemento de medida recogido por el detector al ángulo al que fue detectado. Para ello, se dispone de un sensor de ángulos que puede acoplarse al brazo de la unidad y girar solidariamente con él (Figura II.2.5), recogiendo y asociando vía software la información angular de cada medida. La tolerancia del sensor es de $\pm 6^\circ$, debiendo ser calibrado previamente por el usuario.

Las correcciones dadas por los $FC_{i,j}(\theta)$ pueden realizarse de forma directa, puesto que el propio software de análisis permite la posibilidad de incluir tales factores. Es necesario puntualizar y recordar que los $FC_{i,j}(\theta)$ fueron obtenidos con el detector dispuesto para la adquisición de planos sagitales, con el fin de evitar la dependencia de la atenuación del tablero. Por esta razón, no pudieron ser aplicados directamente a la corrección para la medida de planos coronales. Para ello, es necesario aplicar una matriz de rotación a dichos factores, lo que lleva a la obtención de un segundo conjunto de factores de corrección. Se optó por una solución más sencilla y rápida en el control rutinario, consistente en *engañar* al sensor de ángulos en el proceso de calibración, rotando la misma 90° .

Para el presente estudio, se recogieron los resultados aplicados a 32 de los 111 tratamientos descritos.

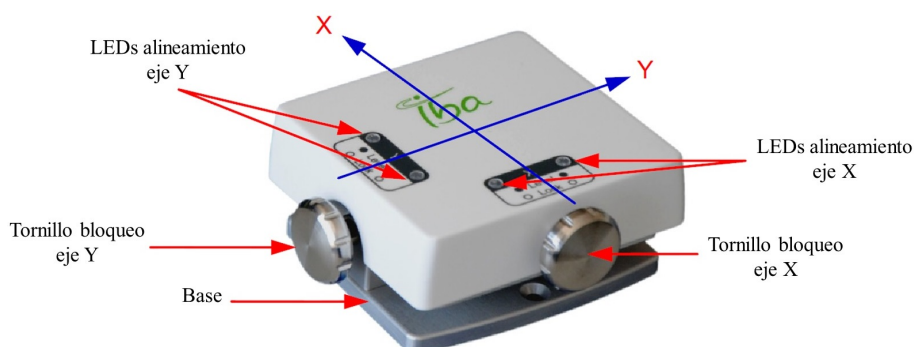


Figura II.2.5: Sensor de ángulos para el detector MatriXX Evolution.

II.2.3.5. Verificación adicional mediante películas radiocrómicas

Con el fin de validar el método, se realizaron comprobaciones dosimétricas de los tratamientos, adicionales a las anteriores, mediante películas radiocrómicas. La periodicidad de las mismas fue mayor puesto que, como se ha dicho, pretendieron apoyar las verificaciones anteriores, no sustituirlas. El uso de películas requiere de calibración previa del lote por el usuario. Para su irradiación, se empleó el montaje basado en el maniquí MultiCube, pues el mismo permite la sustitución del alojamiento para el MatriXX por uno conveniente para la dosimetría con películas. La adquisición fue realizada con un escáner Epson Perfection V700. El software de análisis empleado fue, nuevamente, OmniPro I'mRT. Los resultados de este apartado se presentarán de modo únicamente cualitativo, a título informativo, puesto que no arrojan ninguna novedad sobre los derivados con las matrices de detectores, o los ya presentados en la literatura para este tipo de verificaciones, además de presentarse únicamente como complemento a los anteriores.

II.2.4. Aplicación a la patología de próstata

Las métricas clásicas, específicamente las verificaciones puntuales con cámara de ionización, así como la última modalidad planteada para la comparación de planos de dosis (*array* insertado en maniquí homogéneo) fueron aplicadas a la verificación de los tratamientos del grupo de pacientes de próstata descrito en el capítulo anterior, consistente en 100 pacientes tratados con la técnica VMAT, 25 de cada uno de los distintos grupos de riesgo. El hecho que únicamente esta última modalidad fuera aplicada se debió, como se verá más adelante, a que resultó la más adecuada para la verificación de tratamientos volumétricos.

Capítulo II.3

Métricas 3D basadas en parámetros dosis - volumen

II.3.1. Breve introducción

Tal y como se ha descrito en la introducción, las verificaciones independientes de los cálculos del TPS constituyen una parte esencial del control de calidad en radioterapia. En el caso de los tratamientos modulados, las rutinas de control de calidad suelen estar basadas en dos pilares:

- Verificación independiente de los cálculos del TPS.
- Verificación independiente basada en medidas de distribuciones de dosis y posterior comparación con los cálculos del TPS.

Como también se vio en la introducción, no existe correlación entre los resultados derivados del control de calidad individualizado, aplicando las herramientas tradicionales, y la detección de posibles errores dosimétricos clínicamente relevantes en la administración del tratamiento sobre el paciente. Es necesario el tránsito hacia métricas que involucren parámetros con relevancia clínica, como pueden ser las relaciones dosis - volumen (DVHs). Esta situación es especialmente relevante en el caso de la administración volumétrica, dada la complejidad inherente a la técnica.

Recientemente, han surgido sistemas que permiten realizar cálculos redundantes de los tratamientos sobre la anatomía del paciente, al igual que el TPS. Además, existen soluciones que permiten reconstruir la dosis sobre dicha anatomía a partir de las medidas tomadas durante el proceso de control de calidad pre-tratamiento. En esta línea, tal y como se describió en los objetivos, se presenta a continuación el comisionado, la implementación clínica, así como la comparación de tales resultados para dos sistemas que permiten realizar cálculos 3D sobre la anatomía del paciente para la verificación redundante de tratamientos de VMAT [418 420]. Uno de ellos es capaz, además, de reconstruir la dosis sobre el CT del paciente a partir de medidas tomadas con una matriz bidimensional de detectores.

Se empleó como TPS Monaco en su versión 3.10. Tras la implementación de tales sistemas, se muestra la aplicación de los mismos a la patología de próstata.

II.3.2. Descripción del sistema Mobius3D

El software Mobius3D (Mobius Medical Systems) trabaja como un sistema de planificación independiente, proporcionando un motor de cálculo redundante encaminado a la verificación de los planes de tratamiento generados por el TPS. Para efectuar esta tarea requiere, como información inicial, los datos *DICOM* del plan de tratamiento:

- Anatomía del paciente: imágenes de CT.
- Plan de tratamiento: *RT Plan*.
- Volúmenes contorneados: *RT Struct*.
- Dosis calculada por el TPS: *RT Dose*.

Emplea un algoritmo de convolución/superposición *collapsed cone* [421–424] desarrollado independientemente y actualizado a partir de su concepción original [425–429]. En un primer paso se calcula la distribución de energía total liberada por unidad de masa (*terma*), que luego se convoluciona con los núcleos puntuales de absorción de energía para el cálculo de dosis. Mobius3D emplea para el modelado del haz valores de referencia comunes para el conjunto de aceleradores disponible en el mercado. Los usuarios pueden emplear directamente estos haces promedio o ajustar parámetros comunes, como PDDs, perfiles o factores de campo, para escalar el modelo adecuadamente. El parámetro *dosimetric leaf gap* [430,431] puede ser también ajustado; se tomó, para los cálculos realizados, un valor de -1 mm. Un *script* automático de automodelado debe ser lanzado tras cada cambio para ajustar el haz con el nuevo conjunto de parámetros. Para modelar la fluencia, el sistema parte de un mapa uniforme, al que se van añadiendo capas de ajustes con las propiedades independientes de cada acelerador, entre las que pueden encontrarse:

- Características de las láminas.
- Filtro aplanador.
- Transmisión del MLC.

El haz primario (cuyo ajuste afectará fundamentalmente a la penumbra) y la componente dispersa proveniente del filtro aplanador (que afectará en mayor medida a la dosis fuera del campo de tratamiento y a los factores de campo para haces pequeños) son modeladas como gaussianas. El efecto *tongue and groove* es tenido en cuenta por Mobius3D tomando cada lámina con una anchura mayor, considerando que en los bordes la atenuación del MLC es del 50 %. Para incorporar la administración dinámica de los tratamientos VMAT, el sistema calcula un mapa de fluencias cada 4°, empleando

un promedio ponderado de todos los movimientos de MLC que ocurren dentro de 2° en torno a cada ángulo de cálculo. La fluencia se transforma posteriormente en elementos discretos de energía para el cálculo del *terma*. Durante este cálculo, el trazado de rayos se realiza únicamente a partir de la fuente de fotones (a diferencia de las dos gaussianas empleadas en el cálculo de fluencia), empleando valores del *National Institute of Standards and Technology* (NIST) para tener en cuenta la atenuación exponencial del mismo. La densidad electrónica es redimensionada a la malla de cálculo de dosis (entre 1 y 3 mm) en el momento de la obtención de la misma a partir de los números CT. Para ello, se emplea una interpolación trilinear, que asegura la precisión en la posterior determinación de la dosis. Para esta determinación se emplea, como se ha dicho, un algoritmo tipo *collapsed cone* acelerado vía unidades de procesamiento gráfico (GPU). Se emplean 144 conos espaciados isotrópicamente para cada punto. Los núcleos de absorción de energía han sido determinados con un cálculo más refinado [432,433] que el original de Mackie [423]. El cálculo basado en GPUs permite incrementar notablemente la velocidad de procesamiento frente al mismo cálculo en CPUs.

II.3.3. Descripción del sistema COMPASS

COMPASS (v. 3.0) consta de dos elementos bien diferenciados. Una primera parte del conjunto está constituida por el equipo detector. El segundo bloque viene dado por el software de cálculo, reconstrucción y análisis de dosis. La idea subyacente es la reconstrucción de dosis sobre el CT del paciente a partir de las medidas tomadas con el detector asociado. Además, el sistema proporciona un motor de cálculo independiente que permite realizar una verificación redundante del tratamiento generado con el TPS, en la misma línea que el sistema Mobius3D. A continuación se describen pormenorizadamente cada uno de los elementos presentados anteriormente, así como el flujo de trabajo seguido para la reconstrucción de la dosis.

II.3.3.1. Dispositivo detector

El sistema de detección empleado consiste en una matriz 2D de cámaras de ionización, ya descrita en los capítulos previos (MatriXX Evolution). La versatilidad de este equipo es ya conocida, tanto para su empleo en el control de calidad básico de unidades de tratamiento, como para la verificación independiente de tratamientos de IMRT y VMAT [412,415-417]. Como elemento detector dentro del sistema COMPASS, la matriz debe acoplarse al cabezal de la unidad de tratamiento con la ayuda de un aditamento especial que permite el giro solidario del equipo con el brazo del acelerador. Este montaje es similar al descrito en la sección II.2.3.3 del capítulo previo, pudiendo observarse en la Figura II.3.1. Una lámina de plexiglás de 2.5 cm colocada sobre la superficie de detección, en el interior del alojamiento, es empleada como espesor de equilibrio. Con esta configuración, la distancia de la fuente al plano de detección es de 100 cm. El proceso de reconstrucción de dosis requiere asociar la fluencia medida por el equipo con el ángulo al que ha sido detectada. Para ello, se dispone del sensor de

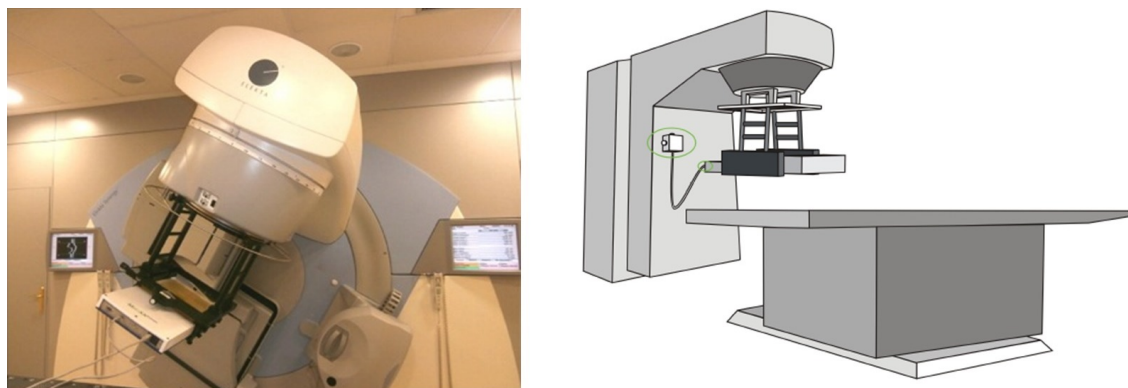


Figura II.3.1: MatriXX acoplado al cabezal de la unidad de tratamiento, como elemento detector del sistema COMPASS. La información adquirida por el mismo es asociada a cada plano detectado mediante el sensor de ángulos fijado en el acelerador.

ángulos ya visto en la sección II.2.3.4 del capítulo anterior. El sensor es fijado al *gantry* de la unidad, pudiendo recoger la información angular de cada medida, estableciendo la correspondiente asociación vía software. Se recuerda que el sensor posee una tolerancia de $\pm 6^\circ$ y debe ser calibrado previamente por el usuario.

II.3.3.2. Software de cálculo, reconstrucción y análisis

La concepción del software COMPASS es similar a la de un TPS. Presenta dos funcionalidades centrales. Por un lado, proporciona un motor de cálculo independiente para la verificación de los tratamientos generados por el TPS, al igual que Mobius3D. De otra parte, permite la reconstrucción de dosis sobre la anatomía del paciente a partir de la respuesta medida con el detector. Ambas prestaciones parten del modelado del haz de radiación y del ajuste de parámetros básicos del mismo, como pueden ser:

- Espectro de fotones y electrones.
- Variación de la calidad del haz.
- Parámetros de la fuente.
- Efecto *tongue and groove*.

El modelado del haz requiere, por tanto, de medidas habituales asociadas a la implementación de un TPS:

- Distribuciones relativas de dosis: perfiles y PDDs.
- Factores de campo.
- Valores de dosis absoluta.

A partir de las medidas previas, el sistema permite generar datos dosimétricos basados en los distintos parámetros del modelo. El ajuste de los mismos conlleva una simulación adecuada de nuestra unidad de tratamiento. El modelo se enlaza con un motor de cálculo que emplea un algoritmo de tipo convolución/superposición *collapsed cone* [421, 424] que permite el cálculo de dosis sobre el CT del paciente.

El dispositivo MatriXX requiere también de un comisionado dentro del software. El mismo se inicia tomando una medida de fondo y una pre-irradiación con un campo que cubra toda la sección de detección. El primer parámetro puede ser variado por el usuario; se tomó en este estudio un valor de 20 s. El sistema posee una rutina que comprueba la estabilidad en la señal de las cámaras; cuando ésta es estable y uniforme, la pre-irradiación es satisfactoria. La dosis necesaria para alcanzar esta situación es de 5 Gy o superior; con el montaje descrito del detector, y empleando la tasa máxima de la unidad de tratamiento (600 UM/min), el tiempo requerido para la pre-irradiación es inferior al minuto. El siguiente paso consiste en la adquisición de un campo regular ($10 \times 10 \text{ cm}^2$). El fin de la misma es comprobar la rotación y posibles desplazamientos laterales y longitudinales del detector; el software compara el centro nominal del detector con el derivado de las medidas, incorporando automáticamente las correcciones para las rotaciones y desplazamientos. Las tolerancias tomadas para estos parámetros fueron de 0.5° y 1 mm, respectivamente. Es importante la correcta y segura fijación del detector, así como la búsqueda de un posicionamiento óptimo. El fabricante recomienda por ello repetir el comisionado del detector antes de cada uso. El último paso consiste en establecer la calibración en dosis absoluta. Se toma un campo de referencia y, realizando la correspondiente adquisición, se fija el valor de la misma. El sistema es capaz, además, de evaluar las eventuales derivas en las respuestas de los distintos detectores de la matriz.

El cálculo de dosis se realiza en un módulo independiente. Para la adquisición de las medidas, se empleó un tiempo de muestreo de 250 ms. Antes de realizar tal adquisición, es necesario haber efectuado una pre-irradiación y una corrección por el fondo, así como la calibración previa del sensor de ángulos.

II.3.3.3. Flujo de trabajo en COMPASS

Inicialmente, COMPASS requiere la misma información *DICOM* que Mobius3D para poder efectuar el cálculo/reconstrucción de dosis (imágenes CT, *RT plan*, *RT Struct* y *RT Dose*).

Como primera opción, COMPASS puede proporcionar una verificación redundante del cálculo del TPS, como se viene diciendo. En este caso, la fluencia predicha (Ψ_p), derivada del plan exportado desde el TPS, es extraída por el sistema a partir del modelado del haz, conociendo los parámetros de la fuente y caracterizando adecuadamente la transmisión del MLC. A partir de esta fluencia predicha, el sistema puede calcular (por punto de control) la respuesta esperada en el detector y el *terma* y, por tanto, la distribución de dosis sobre el paciente [17]:

$$D(\mathbf{r}) = \frac{\mu(\mathbf{r}')}{\rho(\mathbf{r}')} \Psi_p(\mathbf{r}') A(\mathbf{r} - \mathbf{r}') d\mathbf{r}' \quad (\text{II.3.1})$$

En esta expresión, el producto de los dos primeros términos (el coeficiente de atenuación másico y la fluencia) constituyen el *terma*, mientras que $A(\mathbf{r} - \mathbf{r}')$ es el núcleo de dispersión puntual.

El proceso de reconstrucción de dosis a partir de las medidas es más complejo. Se asienta en una metodología de corrección basada en la medida. En primer lugar, la respuesta medida por las cámaras de ionización que componen la matriz no es puntual debido al tamaño finito de las mismas (4.5 mm de diámetro y 5 mm de altura), pudiendo modelarse adecuadamente mediante una gaussiana [144]. Adicionalmente, la resolución del detector viene proporcionada por la separación de 7.619 mm entre cámaras. La resolución deseada para la comparación con planes del TPS es del orden de la dimensión de la rejilla de cálculo, esto es, en torno a 2 mm. El sistema supera esta limitación conjunta aplicando una función de respuesta calculada por Monte Carlo. Tal función describe la respuesta individual dada por cada una de las cámaras que componen el detector (f_i) frente a un haz de fotones de una energía determinada y bajo un espesor concreto de equilibrio. Esta función se incluye en el software, siendo aplicada según las condiciones de medida (Figura II.3.2). Partiendo de la fluencia predicha (Ψ_p), que el sistema es capaz de calcular a partir del *RT Plan* y del modelado del haz, se extrae la respuesta predicha en el detector (R_p) convolucionando la anterior con la función de respuesta de las cámaras (f_i) sumando sobre todas las que componen el detector (N_{CI}):

$$R_p = \sum_{i=1}^{N_{CI}} f_i(x, y) \bullet \Psi_p \quad (\text{II.3.2})$$

Esta predicción es el valor que debe compararse con la respuesta medida por el detector (R_m). Nótese que esta respuesta esperada o predicha es, en este momento, independiente de la medida. La derivación de R_p a partir del modelado del haz y del detector (f_i) conduce a buenos resultados; no obstante, puede no ser todo lo exacta que se busca en términos de respuesta real píxel a píxel. Pequeños errores en la administración (posicionamiento del MLC o sincronización de parámetros dinámicos variables durante el tratamiento) pueden ocasionar pequeñas diferencias que deben ser tenidas en cuenta para efectuar adecuadamente la comparación. COMPASS aplica la diferencia entre la respuesta medida y la predicha para modificar la fluencia predicha (Ψ_p), generando una fluencia reconstruida (Ψ_r). En primer lugar hay que reescalar la fluencia para compensar las discrepancias entre las respuestas medidas y predichas debido a las posibles variaciones en el factor de calibración de la unidad de tratamiento según la jornada (factor de escala A_{esc}). El segundo paso, denominado corrección de respuesta residual, corrige la fluencia según las diferencias en la respuesta de cada una de las i cámaras de la matriz con un núcleo de corrección de fluencia para las mismas ($k_{\Psi,i}$), esto es [434, 435]:

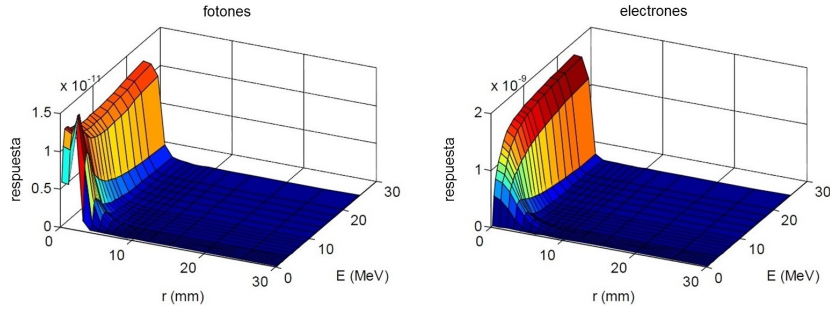
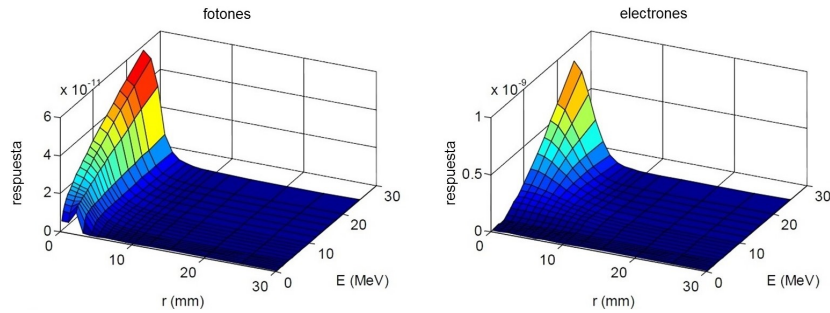
(a) f_i en ausencia de espesor de equilibrio.(b) f_i para un espesor de equilibrio de 2 cm.

Figura II.3.2: Ejemplos de funciones de respuesta de las cámaras (f_i) modelada en COMPASS, tanto para fotones, como para electrones, para distintos espesores de equilibrio.

$$\Psi_r = A_{esc} \Psi_p + \sum_{i=1}^{N_{CI}} (A_{esc} R_{p,i} - R_{m,i}) \bullet k_{\Psi,i}(x, y) \quad (\text{II.3.3})$$

Dicho núcleo es interpretado, a partir de la función de respuesta del detector, como la fluencia teórica que produciría una respuesta en una única cámara de ionización, esto es, un núcleo de deconvolución extraído como

$$k_{\Psi,i}(x, y) = f_i^{-1}(x, y) \quad (\text{II.3.4})$$

El sistema, a partir de la fluencia reconstruida, calcula la dosis empleando la expresión II.3.1, sustituyendo Ψ_p por Ψ_r . Un resumen gráfico de este procedimiento se presenta en la Figura II.3.3.

Las implicaciones del núcleo de corrección de fluencia va más allá del propio proceso de reconstrucción de dosis. Proporciona al sistema la capacidad de detectar errores en el posicionamiento del MLC [435], algo esencial en el control de calidad en IMRT. El sistema, por tanto, no sólo permite observar la influencia clínica de los posibles errores en la administración del tratamiento, sino que, adicionalmente, proporciona información de las posibles fuentes de dichos errores.

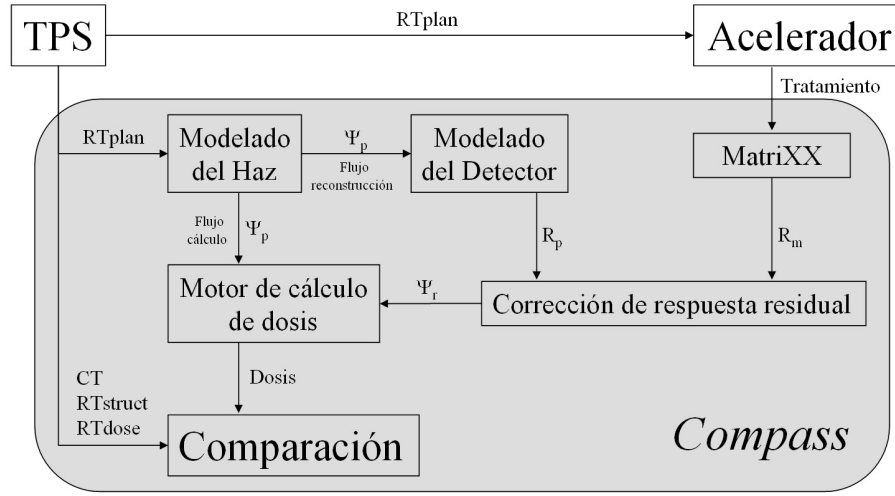


Figura II.3.3: Flujo de trabajo seguido en COMPASS para el cálculo y reconstrucción de dosis.

II.3.4. Validación de los dos sistemas

II.3.4.1. Comparación con la calibración de referencia

La dosis fue determinada para diversos campos cuadrados (2×2 , 3×3 , 4×4 , 5×5 , 7×7 , 10×10 y 20×20 cm²) sobre un maniquí homogéneo para los dos sistemas. La DFS fue de 100 cm. Los resultados obtenidos fueron comparados con medidas de referencia, adquiridas durante la calibración de la unidad de tratamiento, empleando la cuba de agua descrita en el capítulo previo (Blue Phantom²).

Los valores de dosis absoluta fueron comparados en términos del factor de calibración para el haz de 6 MV de la unidad Synergy. Las condiciones de referencia establecidas fueron un tamaño de campo de 10×10 cm² y la profundidad del máximo. Adicionalmente, los OFs fueron extraídos y comparados para los campos previos. Las medidas fueron adquiridas empleando las cámaras de ionización Farmer FC65 y CC04. Ésta última fue empleada en medidas para tamaños de campo menores de 4×4 cm². La conversión a dosis de la señal recogida por las cámaras fue realizada siguiendo los protocolos habituales [436].

Las distribuciones relativas de dosis (PDDs y perfiles a la profundidad del máximo) fueron evaluadas a través de la determinación de las diferencias promedio, así como mediante la aplicación de un análisis gamma unidimensional con dos criterios ($2\%/2$ mm y $3\%/3$ mm, con normalización local Apéndice V.B sin umbral inferior de dosis), en comparaciones de los resultados de ambos sistemas frente a medidas adquiridas con cuba. Tales medidas fueron tomadas empleando una cámara de ionización CC13 (Scanditronix-Wellhöfer). Respecto del análisis:

- Las curvas de rendimiento en profundidad fueron divididas en cuatro regiones:

- Zona de acumulación o *buildup*.
 - Profundidad del máximo de dosis.
 - Profundidades comprendidas entre el máximo y 10 cm.
 - Profundidades comprendidas entre el 10 cm y 20 cm.
- Los perfiles fueron divididos en tres regiones, para ambas secciones (*in-plane* y *cross-plane*):
- Zona situada fuera del campo de tratamiento.
 - Penumbra.
 - Zona situada dentro del campo de tratamiento.

Debido a los gradientes de dosis presentes en las zonas de penumbra, más intensos que en otras áreas de los perfiles, tales regiones fueron analizadas empleando el concepto de *distance-to-agreement* (DTA), descrito en el Apéndice V.B, en lugar de las simples diferencias de dosis. Un software desarrollado específicamente para esta situación fue empleado para realizar los análisis gamma descritos previamente. Una descripción más extensa del código mencionado se encuentra en el Apéndice V.E.

II.3.4.2. Validación con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM

Con el fin de evaluar las capacidades de cálculo de ambos sistemas en situaciones más complejas que las de referencia, se implementaron diversas pruebas. Se generaron planes simples con campos estáticos regulares, de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ y 100 UM:

- Campo único (anterior).
- Campos múltiples: dos haces laterales y cuatro con disposición *en caja*.

Asimismo, siguiendo las directrices establecidas por el informe del *Task Group* 119 de la AAPM (TG-119) [76, 149], se generaron planes de prueba VMAT con el TPS [437, 438], basándose en las restricciones de dosis establecidas en dicho informe para volúmenes blanco y órganos de riesgo aplicadas a cada conjunto de estructuras, y que están recogidas en la Tabla II.3.1. Los conjuntos propuestos en el TG-119, que serán descritos a continuación, pueden observarse en la Figura II.3.4:

- Conjunto con blancos múltiples (*MultiTarget*):
 - 3 volúmenes cilíndricos contiguos (4 cm de diámetro, 4 cm de longitud).

Tabla II.3.1: Restricciones de dosis establecidas para los distintos conjuntos de prueba y estructuras del *Task Group* 119 de la AAPM.

<i>Conjunto</i>	<i>Estructura</i>	<i>Restricción (Gy)</i>
<i>MultiTarget</i>	Blanco central	$D_{99} > 50.0$
		$D_{10} < 53.0$
	Blanco superior	$D_{99} > 25.0$
		$D_{10} < 35.0$
	Blanco inferior	$D_{99} > 12.5$
		$D_{10} < 25.0$
Próstata	Próstata	$D_{95} > 75.6$
		$D_5 < 83.0$
	Recto	$D_{30} < 70.0$
		$D_{10} < 75.0$
	Vejiga	$D_{30} < 70.0$
		$D_{10} < 75.0$
<i>H&N</i>	PTV	$D_{90} = 50.0$
		$D_{99} > 46.5$
		$D_{20} < 55.0$
	Médula	$D_{max} < 40.0$
<i>CShape</i>	Glándulas parótidas	$D_{max} < 20.0$
	PTV	$D_{95} = 50.0$
		$D_{10} < 55.0$
	Núcleo	$D_{10} < 25.0$

MultiTarget: conjunto con blancos múltiples; Próstata: conjunto de próstata de prueba; *H&N*: conjunto de cabeza y cuello de prueba; *CShape*: conjunto con forma en C; D_{max} : dosis máxima.

■ Conjunto de próstata de prueba:

- CTV aproximadamente elipsoidal, con concavidad posterior (4 cm de anchura, 2.6 cm de espesor y 6.5 cm de longitud).
- PTV expandido 0.6 cm a partir del anterior.
- Recto cilíndrico (1.5 cm de radio, 1/3 incluido en el PTV).
- Vejiga aproximadamente elipsoidal (5 cm de anchura, 4 cm de espesor y 5 cm de longitud).

■ Conjunto de cabeza y cuello de prueba (*H&N*):

- PTV incluyendo base de cráneo hasta la parte superior del cuello (inclusión de cadenas ganglionares laterocervicales).
- Médula (separación aproximada de 1.5 cm respecto del PTV).

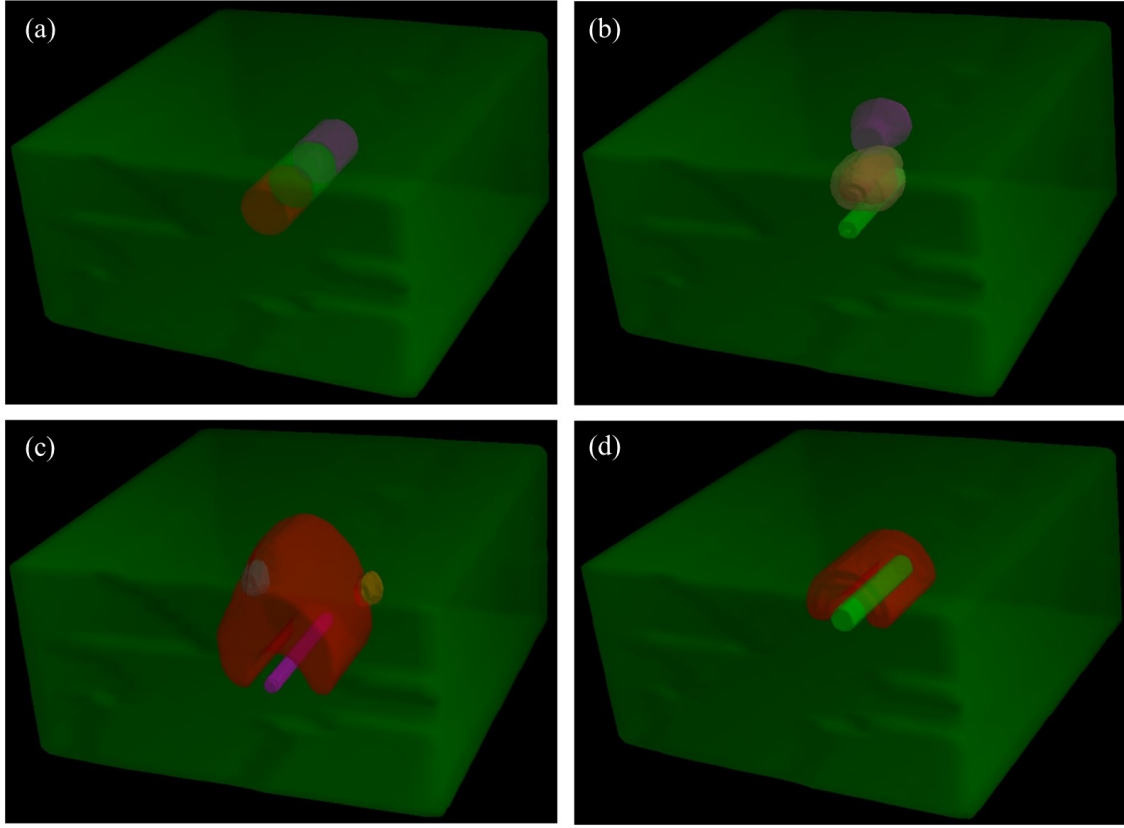


Figura II.3.4: Conjuntos de prueba y estructuras del *Task Group 119* de la AAPM: (a) conjunto con blancos múltiples (*MultiTarget*); (b) conjunto de próstata de prueba; (c) conjunto de cabeza y cuello de prueba (*H&N*); (d) conjunto con forma en *C* (*CShape*).

- Parótidas.
- Conjunto con forma en *C* (*CShape*):
 - PTV (radio interno de 1.5 cm, radio externo de 3.7 cm, 9 cm de longitud).
 - Núcleo central cilíndrico (1 cm de radio, 10 cm de longitud).

Los planes previos, tanto los estáticos regulares, como VMAT, fueron calculados por ambos sistemas y administrados en la unidad de tratamiento sobre un maniquí homogéneo, habitual en las verificaciones de tratamientos modulados, ya descrito previamente (EasyCube). Las medidas, adquiridas con una cámara de ionización CC04, fueron comparadas con los resultados de ambos sistemas. Nótese que el factor de conversión de carga a dosis empleando el maniquí descrito fue extraído comparando medidas tomadas en condiciones de referencia en agua con las mismas adquiridas en plástico. El isocentro de los planes de prueba se hizo coincidir con el centro del maniquí. El punto de medida fue seleccionado dentro del volumen blanco en todos los casos.

II.3.4.3. Validación con planes de tratamiento VMAT reales

Con el fin de evaluar distintos tipos de volúmenes blanco, órganos de riesgo y localizaciones, se generaron mediante el TPS planes de tratamiento VMAT para cuatro localizaciones anatómicas:

- Cabeza y cuello: dos tratamientos.
- Torácica: dos tratamientos de pulmón.
- Abdominal: dos tratamientos gástricos.
- Pélvica: seis tratamientos de próstata, tomando dos para cada grupo usual de riesgo según su estadio: alto, intermedio y bajo riesgo.

Se compararon valores representativos de dosis puntual obtenidos con los dos sistemas con medidas adquiridas con cámara de ionización (CC04) sobre el maniquí Easy-Cube, en la misma disposición experimental. Asimismo, distribuciones planares de dosis obtenidas con el detector MatriXX fueron comparadas con aquellas obtenidas por Mobius3D y COMPASS en la misma configuración. Ésta consistió en la matriz insertada en el maniquí homogéneo MultiCube, previamente descrito. Se emplearon, igualmente, 11 cm de espesor de equilibrio y retrodispersor. Se adquirieron medidas de distribuciones de dosis bidimensionales situando el detector tanto en disposición coronal, como sagital. Nótese que la dependencia angular del conjunto detector fue la misma que la observada en el capítulo anterior, por lo que nuevamente fue necesario incorporar los factores de corrección angular allí descritos [412]. Con este fin se empleó igualmente el conocido sensor de ángulos. Las comparaciones de distribuciones planas fueron realizadas mediante análisis gamma bidimensional, empleando dos criterios: 2%/2 mm y 3%/3 mm (con normalización global, referida al máximo de dosis, y con un umbral inferior de dosis situado en el 10% del máximo de dosis global). Dicho análisis fue llevado a cabo con el software OmniPro I'mRT.

II.3.5. Implementación clínica de los dos sistemas

II.3.5.1. Implementación clínica con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM

Con el fin de evaluar los módulos de comparación de DVHs, los campos estáticos regulares previamente descritos fueron calculados con el TPS sobre los casos de prueba propuestos en el TG-119. Así, las dosis recibidas por las distintas estructuras del TG-119 fueron extraídas para los planes regulares y volumétricos descritos en la sección II.3.4.2. Los parámetros dosimétricos relevantes en esta situación, descritos en la Tabla II.3.1 para cada conjunto y estructura, fueron obtenidos para ambos sistemas y comparados con los valores del TPS.

II.3.5.2. Implementación clínica con planes de tratamiento VMAT reales

Los planes volumétricos descritos anteriormente para distintas localizaciones anatómicas fueron comparados con los valores del TPS empleando las métricas clínicas ya definidas en secciones previas. Así, el proceso fue llevado a cabo mediante la evaluación de parámetros dosimétricos representativos de los DVHs. Las recomendaciones ICRU para el registro e informe de tratamientos de intensidad modulada [84] fueron empleadas para extraer parámetros de evaluación para PTVs (D_{98} , D_2 , D_{50} , D_{med}). Para OARs, se reportaron los límites de dosis establecidos en recomendaciones habituales, tanto clásicas [408] como recientemente revisadas (QUANTEC) [263], además de la dosis media (D_{med}) o máxima (D_{max}), según el caso.

Las distribuciones de dosis fueron también comparadas mediante análisis gamma 3D. Las comparaciones con el TPS fueron reportadas con dos criterios: 2 %/2 mm y 3 %/3 mm (con normalización global, referida al máximo de dosis, y con un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo de dosis global). El sistema COMPASS ofrece, además, la posibilidad de realizar análisis gamma 3D con criterio de normalización local, a diferencia del sistema Mobius3D. Por esta razón, las tasas de paso gamma 3D con dicho criterio fueron también extraídas para el cálculo y reconstrucción de dosis realizado por COMPASS.

II.3.6. Aplicación a la patología de próstata

La aplicación clínica de ambos sistemas al caso de la próstata fue empleada como herramienta para la validación de las métricas radiobiológicas en el marco del control de calidad individualizado de tratamientos de VMAT para dicha patología, como se introducirá en el capítulo siguiente. La metodología será, por tanto, convenientemente descrita más adelante.

II.3.7. Comentarios acerca del cálculo de dosis en el TPS para la verificación

Es necesario aclarar un punto que puede resultar controvertido respecto de la generación de planes de verificación en el TPS. Los algoritmos de tipo *collapsed cone* que emplean Mobius3D y COMPASS están basados en motores de dosis que realizan y reportan cálculos en términos de dosis absorbida a agua (D_w). Los datos necesarios para modelar haces bajo tales motores de cálculo se miden en maniquíes de agua. Estos datos son manipulados con el fin de extraer las distribuciones de dosis sobre el paciente, si bien no se tiene en cuenta la conversión entre la medida de dosis absorbida a agua en el maniquí a dosis a medio (D_m), para cada tejido biológico independiente. Con el fin de modelar el efecto de las heterogeneidades del paciente, los motores de cálculo de tipo convolución/superposición habitualmente consideran que el medio es agua, a

la que se asignan distintas densidades electrónicas. La experiencia clínica adquirida históricamente está, por tanto, sustentada en dosis terapéuticas a PTVs y a OARs basadas en D_w . Todos los cálculos realizados en el presente estudio fueron realizados empleando como TPS Monaco, que posee un algoritmo de tipo Monte Carlo. Tales algoritmos proporcionan la mayor precisión posible en el cálculo de dosis en radioterapia, determinando el depósito de energía en cada medio, reportando por ello D_m directamente. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, la implementación clínica de los algoritmos Monte Carlo pueden conducir a discrepancias significativas entre D_w y D_m [89, 439–442]. En el informe del *Task Group* 105 de la AAPM (TG-105) [441] se han establecido recomendaciones acerca de la conversión de D_m a D_w , así como las posibles opciones a la hora de reportar tales valores. La discusión previa, así como las recomendaciones del propio fabricante, llevan a la necesidad de efectuar las comparaciones que impliquen valorar parámetros dosimétricos de los DVHs con cálculos basados en el mismo criterio, esto es, D_w . Todos los planes descritos en el presente estudio fueron planificados inicialmente en términos de D_m y, posteriormente, recalculados en base a D_w , puesto que Monaco ofrece ambas posibilidades.

II.3.8. Análisis estadístico

Los resultados fueron descritos como *promedio \pm desviación estándar*. Los datos fueron comparados empleando una prueba t de Student pareada de dos colas. La diferencia fue considerada como estadísticamente significativa para valores de $p < 0.05$.

Capítulo II.4

Introducción de métricas basadas en parámetros radiobiológicos

II.4.1. Breve introducción

Como ya se ha desarrollado en los capítulos previos, la técnica volumétrica requiere de un control de calidad individualizado detallado. Usualmente, como se describió inicialmente, dicho proceso ha estado basado en comparaciones de distribuciones de dosis sobre maniqués de geometrías regulares. La falta de correlación entre los resultados típicos de los programas habituales de control de calidad y el impacto de posibles errores ha promovido el desarrollo de sistemas de verificación 3D, que permiten el cálculo y reconstrucción de dosis sobre la anatomía del paciente. Tales sistemas, como también se ha visto, han permitido la introducción de métricas clínicas en el proceso de control de calidad, fundamentadas en la comparación de parámetros dosis - volumen.

No obstante, existen razones que permiten argumentar el desarrollo de métricas adicionales, dentro del marco de una evaluación clínica. Tradicionalmente, la calidad de un plan de tratamiento de radioterapia ha sido juzgada preferentemente a través de parámetros dosis - volumen, por encima de indicadores biológicos. No obstante, los criterios dosis - volumen deberían ser complementados (si no completamente reemplazados) por índices biológicos, tal y como se comentó en la introducción. Diversos parámetros de respuesta radiobiológica, como la gEUD, TCP o NCTP, pueden obtenerse a partir de la información de dosis calculada o reconstruida por los sistemas de verificación 3D descritos previamente. En este sentido, se describe en lo sucesivo el procedimiento seguido para la validación e incorporación de las métricas radiobiológicas al proceso de control de calidad individualizado, empleando los dos sistemas de verificación 3D descritos previamente [443]. En particular, se describe la aplicación a la patología prostática, tomada como paradigmática en la aplicación de la técnica volumétrica.

Se empleó como TPS Monaco en su versión 3.10. Se omitirá, en lo sucesivo, las descripciones pormenorizadas de los sistemas Mobius3D y COMPASS, puesto que ya

han sido presentadas en el capítulo previo. Las condiciones de trabajo para ambos sistemas se mantuvieron con respecto a lo descrito anteriormente.

II.4.2. Modelos biológicos de relación dosis - respuesta

II.4.2.1. Dosis equivalente uniforme generalizada (gEUD)

Considerando que la distribución de dosis sobre el volumen tumoral en un tratamiento de radioterapia no es uniforme, la EUD se define como la dosis uniforme que provocaría el mismo efecto biológico que la anterior, si el tratamiento fuera administrado con un esquema de tratamiento similar (mismo número de fracciones) al empleado en el caso que conduce a una distribución no uniforme [195]. Este concepto, propuesto inicialmente para volúmenes blanco, fue extendido a tejido sano a través de una expresión fenomenológica, planteada igualmente por Niemierko, denominado dosis equivalente uniforme generalizada (gEUD) [196]:

$$gEUD = \left(\sum_{j=1}^N \nu_j d_j^a \right)^{1/a} \quad (\text{II.4.1})$$

En esta expresión, ν_j es el volumen de tumor fraccional o parcial que recibe una dosis d_j , mientras que a es un parámetro específico de cada tejido que describe el efecto de volumen. Para tumores, a toma valores negativos; para estructuras críticas descritas con un comportamiento en serie, a toma valores positivos y grandes; para estructuras descritas con un comportamiento en paralelo, a toma valores próximos a la unidad.

II.4.2.2. Probabilidad de control tumoral (TCP)

La probabilidad de control tumoral puede ser modelada mediante una distribución de Poisson [197]. Si el número de células clonogénicas iniciales se denota como N_c , y la fracción clonogénica superviviente tras una irradiación con una fracción única como S , la TCP puede ser expresada, para un esquema de n fracciones, como:

$$TCP = e^{-N_c S^n} \quad (\text{II.4.2})$$

Si se asume que el número de células clonogénicas que sobreviven a la irradiación posee una dependencia exponencial con la dosis, se obtiene la típica curva de respuesta sigmoidal. Esta simple asunción se ha visto superada con la introducción del modelo lineal-cuadrático, descrito someramente en el Apéndice V.C, que conduce a la siguiente expresión para la obtención de la fracción superviviente [198]:

$$S = e^{-\alpha d \left(1 + \frac{d}{\alpha/\beta}\right)} \quad (\text{II.4.3})$$

donde d es la dosis por fracción y α/β es el parámetro característico del modelo lineal-cuadrático.

Se han planteado diversas alternativas para modelar la TCP. Se describen a continuación los modelos empleados en el presente estudio.

Modelo de Poisson

Para una irradiación inhomogénea de dosis d_j en un volumen ν_j , la TCP puede ser modelada como [199]:

$$TCP = \prod_{j=1}^N \exp \left[-N_c \nu_j \exp \left(-\alpha d_j \left(1 + \frac{d_j}{\alpha/\beta} \right) \right) \right] \quad (\text{II.4.4})$$

Si es necesario, el número de células clonogénicas puede ser estimado empleando alguna de las siguientes relaciones [444-446]:

$$N_c = \frac{\ln 2}{\exp \left(-D_{50} \alpha d_j \left(1 + \frac{d_j}{\alpha/\beta} \right) \right)} \quad (\text{II.4.5})$$

$$N_c = \frac{-\ln 2}{\ln \left\{ 1 - \exp \left(-D_{50} \alpha d_j \left(1 + \frac{d_j}{\alpha/\beta} \right) \right) \right\}} \quad (\text{II.4.6})$$

En estas expresiones, D_{50} es la dosis tumoral necesaria para obtener una TCP del 50 %.

Modelo sigmoidal

Si los datos de las células clonogénicas no están disponibles, la TCP puede obtenerse a partir de la relación dosis - respuesta sigmoidal como [445-447]:

$$TCP = (1/2) \prod_{j=1}^N \nu_j \exp \left(\frac{2\gamma_{50}}{\ln 2} \left(1 - \frac{d_j}{D_{50}} \right) \right) \quad (\text{II.4.7})$$

El parámetro γ_{50} es la pendiente de la relación dosis-respuesta para un valor del TCP del 50 %.

Modelo de Niemierko

Existe una posibilidad adicional, empleando el concepto de gEUD previamente introducido, lo que permite derivar otra expresión para la TCP [199]:

$$TCP = \frac{1}{1 + (D_{50}/gEUD)^{4\gamma_{50}}} \quad (\text{II.4.8})$$

II.4.2.3. Probabilidad de complicación en tejido sano (NTCP)

El modelo de Lyman [200] describe la probabilidad de complicación para un volumen de tejido sano irradiado uniformemente. La curva característica dosis - respuesta de forma sigmoïdal es descrita por tres parámetros. La dependencia de dicha curva con la dosis es descrita por el parámetro TD_{50} , mientras que su inclinación está recogida en el parámetro m . La magnitud del efecto de volumen está descrita por el parámetro n a partir de la siguiente relación entre la dosis de tolerancia y el volumen irradiado:

$$TD(\nu) = TD(1)\nu^{-n} \quad (\text{II.4.9})$$

$TD(\nu)$ es la dosis de tolerancia para una fracción de volumen parcial ν , mientras que $TD(1)$ es la tolerancia para el volumen completo. Existen, igualmente, varias alternativas para modelar la NTCP.

Modelo de Lyman-Kutcher-Burman (LKB)

A partir de la descripción previa, el modelo de Lyman puede ser extendido para la situación real de irradiación inhomogénea. Para ello, se emplea un algoritmo que complete a dicho modelo con el fin de obtener, a partir de una distribución de dosis heterogénea, una irradiación uniforme sobre el órgano de riesgo, y que posea el mismo valor para la NTCP que la primera. Con el fin de completar este proceso, el modelo de Lyman suele complementarse con el método de volumen efectivo [202], lo que resulta en un formalismo denominado modelo de Lyman-Kutcher-Burman (LKB). Para una irradiación inhomogénea de dosis d_j en un volumen parcial ν_j , la NTCP puede ser calculada como [202, 203]:

$$NTCP = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-u^2/2} du \quad (\text{II.4.10})$$

siendo t :

$$t = \frac{D_{eff} - TD_{50}}{mTD_{50}} \quad (\text{II.4.11})$$

y con D_{eff}

$$D_{eff} = \left(\sum_{j=1}^N \nu_j d_j^{1/n} \right)^n \quad (\text{II.4.12})$$

Modelo de Niemierko

Otra alternativa, como en el caso de la TCP, implica el uso del concepto de gEUD. Así, se puede obtener la NTCP aplicando el llamado modelo de Niemierko como [203, 205]:

$$NTCP = \frac{1}{1 + (TD_{50}/gEUD)^{4\gamma_{50}}} \quad (\text{II.4.13})$$

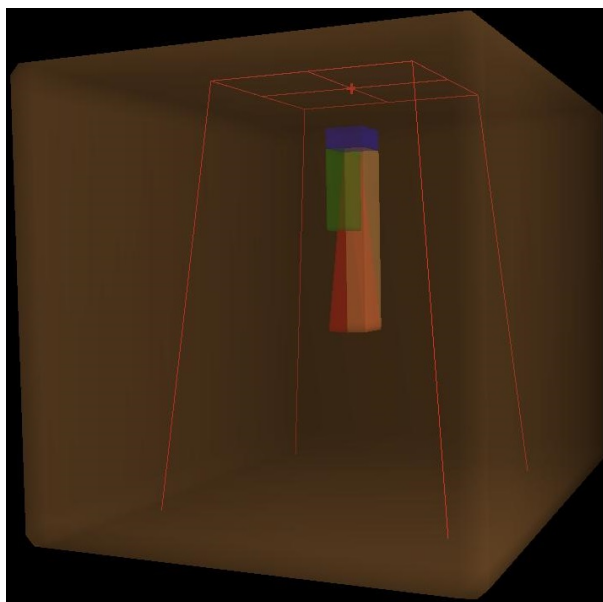


Figura II.4.1: Caso de prueba *benchmark phantom*, tomado del TG-166 de la AAPM [194], con cuatro estructuras simples (tres rectangulares y una triangular) y el límite de un haz rectangular único de 6 MV, $20 \times 20 \text{ cm}^2$ y DFS de 100 cm.

II.4.3. Verificación de las métricas biológicas empleando los planes de prueba del TG-166 de la AAPM

Con el fin evaluar las capacidades que poseen ambos sistemas para realización de cálculos radiobiológicos, se implementaron diversas pruebas tomadas del *Task Group* 166 de la AAPM (TG-166) [194].

II.4.3.1. Pruebas con el maniquí *benchmark phantom*

El *benchmark phantom* consiste en un maniquí cúbico de 50 cm de lado, con cuatro estructuras simples, tres rectangulares y una triangular, creadas en el interior del mismo. Las dimensiones y posición de tales estructuras vienen recogidas en la Tabla II.4.1 [194]. El maniquí puede observarse en la Figura II.4.1. Un campo único de fotones de 6 MV, con unas dimensiones de $20 \times 20 \text{ cm}^2$ y a una DFS de 100 cm fue calculado en el TPS. Se prescribió una dosis de 72 Gy, administrados en 40 fracciones, a un punto situado a 6 cm de profundidad sobre el eje central. La dosis impartida sobre las estructuras del *benchmark phantom* fueron determinadas por Mobius3D (M3D) y COMPASS, tanto dosis calculada (CC) como reconstruida (CR). Posteriormente, los valores para gEUD, TCP y NTCP fueron extraídos y comparados entre el TPS, M3D, CC y CR, empleando los modelos previamente definidos. Un software desarrollado

Tabla II.4.1: Detalles y dimensiones de las estructuras del *benchmark phantom*.

<i>Estructura</i>	<i>Dimensiones (cm)</i>	<i>Rango coordenada X (cm)</i>	<i>Rango coordenada Y (cm)</i>	<i>Profundidad (cm)</i>
PTV Rectangular	$4 \times 4 \times 2$	$-2 \rightarrow 2$	$-2 \rightarrow 2$	$4 \rightarrow 6$
Rectángulo 1	$2 \times 4 \times 8$	$-2 \rightarrow 0$	$-2 \rightarrow 2$	$6 \rightarrow 14$
Rectángulo 2	$2 \times 2 \times 18$	$0 \rightarrow 2$	$-2 \rightarrow 2$	$6 \rightarrow 24$
Triángulo 1	4×4 (base) $\times 20$	$-2 \rightarrow 2$ (base)	$-2 \rightarrow 2$	$4 \rightarrow 24$

Tabla II.4.2: Volúmenes blanco y prescripciones para los casos de prueba representativos extraídos del TG-166.

<i>Caso</i>	<i>Número de fracciones</i>	<i>Volumen blanco</i>	<i>Dosis prescrita (Gy)</i>
<i>H&N</i>	33	PTV 70	70
		PTV 54	54
		PTV 50	50
Próstata	39	PTV 70.2	70.2
Cerebral	30	GTV 54	54
		PTV 50.4	50.4

H&N: cabeza y cuello.

específicamente para esta situación fue empleado para realizar dichos cálculos [448].

II.4.3.2. Casos de prueba representativos

Se calcularon mediante el TPS planes de tratamiento para los tres casos de prueba representativos establecidos en el TG-166, según los volúmenes y dosis de prescripción definidos en dicho informe, y recogidos en la Tabla II.4.2:

- Cabeza y cuello (*H&N*).
- Próstata.
- Cerebral.

Los valores para gEUD, TCP y NTCP fueron determinados para los planes calculados en el TPS y comparados con los derivados mediante M3D, CC y CR para los mismos tratamientos.

II.4.4. Evaluación de tratamientos de próstata empleando métricas clásicas (análisis gamma 3D) y basadas en parámetros dosis - volumen

Con el fin de evaluar el rendimiento de ambos sistemas en los procesos de cálculo y reconstrucción de dosis 3D, se llevaron a cabo análisis gamma tradicionales (3D) y comparaciones basadas en DVHs. Estas metodologías fueron aplicadas al conjunto de pacientes de próstata definido en el capítulo inicial de *Material y Métodos*, recurrente en el presente estudio. Partiendo de las métricas clásicas, se llevaron a cabo comparaciones con el TPS mediante la extracción de tasas de paso gamma tridimensionales para las distintas estructuras, reportadas con dos criterios: 2 %/2 mm y 3 %/3 mm (con normalización global, referida al máximo de dosis, y con un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo de dosis global). Asimismo, empleando la metodología introducida en la sección II.3.6, y aparcada hasta el presente capítulo, se realizó una evaluación 3D comparando las dosis de los planes de próstata generados en el TPS y aquellas determinadas mediante M3D, CC y CR. Para ello, se obtuvieron parámetros dosimétricos representativos de los DVHs. En el caso de los volúmenes blanco, los parámetros de evaluación se extrajeron siguiendo las recomendaciones ICRU para el registro e informe de tratamientos de IMRT [84] (D_{98} , D_2 , D_{50} , D_{med}). Para los OARs, dependiendo del tejido, se reportaron los límites de dosis establecidos en recomendaciones habituales, clásicas [408] y recientemente revisadas (QUANTEC) [263], además de valores de dosis media (D_{med}) o máxima (D_{max}), según el caso.

II.4.5. Introducción de las métricas biológicas en el flujo de QA individualizado a paciente para tratamientos de próstata

Se extrajeron los resultados de gEUD, TCP y NTCP para el TPS, y se compararon con los valores obtenidos mediante M3D, CC y CR para los distintos modelos discutidos previamente. Dichos cálculos fueron realizados con el mismo software nombrado anteriormente, desarrollado para tal propósito. Con el fin de sustentar la introducción de métricas radiobiológicas, la correlación entre los índices biológicos previamente establecidos y las diferencias entre los parámetros dosis - volumen fue estudiada.

II.4.6. Parámetros radiobiológicos

Los parámetros empleados para cálculos en volúmenes tumorales (gEUD y TCP) para los casos de prueba del TG-166 y los tratamientos de próstata vienen recogidos en la Tabla II.4.3. Los valores para el parámetro a fueron extraídos del informe del

Tabla II.4.3: Parámetros radiobiológicos seleccionados para cálculos en volúmenes tumorales (gEUD y TCP). Los valores fueron obtenidos del informe del TG-166 de la AAPM, así como de los estudios de Cheung *et al.*, King *et al.*, Okunieff *et al.* y Levegrün *et al.* [194,444,450–453].

			Parámetros				
			a	α (Gy^{-1})	α/β (Gy)	D_{50} (Gy)	γ_{50} (%/%)
TG-166	<i>Benchmark phantom</i>	PTV Rectangular	-10	0.1	10	63.3	5
		Rectángulo 1	-10	0.1	10	44.2	1.6
	<i>H&N</i>	PTV 70	-10	0.1	10	51.77	2.28
		PTV 54	-10	0.1	10	51.77	2.28
		PTV 50	-10	0.1	10	51.77	2.28
		Próstata	-10	0.1	3	46.29	0.95
	Cerebral	GTV 54	-10	0.1	10	22.17	0.70
		PTV 50.4	-10	0.1	10	22.17	0.70
Casos de próstata analizados	Estudios de Cheung y King	PTV RA	-10	0.1	1.5	75.5	1.7
		PTV RI	-10	0.1	1.5	67.5	2.2
		PTV RB	-10	0.1	1.5	57.3	1.4
		PTV Lecho	-10	0.1	1.5	66.8	2.54
	Okunieff	PTV	-10	0.1	1.5	46.29	0.95
	Levegrün	cualquier estadio	-10	0.1	1.5	70.5	2.9

H&N: cabeza y cuello.

TG-166 [194]; en el caso del *benchmark phantom* se tomó también un valor $a = -10$. El valor seleccionado para α fue 0.1 Gy^{-1} [449]. Los valores tomados para el parámetro α/β fueron 10 Gy para todos los casos del TG-166, con la excepción de la próstata, para la que se seleccionó un valor de 3 Gy [444], asumiendo así los valores recomendados en el informe. Para el conjunto de pacientes de próstata tomados como población de estudio, se tomó un valor para α/β de 1.5 Gy, asumido habitualmente en el HCDGU [335–338]. Los valores de D_{50} y γ_{50} en el caso del *benchmark phantom* fueron tomados del informe del TG-166. Los valores para los restantes casos del TG-166 fueron extraídos del estudio de Okunieff *et al.* [444]. Para el análisis de los tratamientos de próstata de alto, intermedio y bajo riesgo, los valores de D_{50} y γ_{50} fueron tomados de los estudios de Cheung *et al.* [450, 451]. Para los tratamientos de lecho tras prostatectomía, los parámetros fueron extraídos del estudio de King *et al.* [452], empleando la relación entre la pendiente absoluta y relativa en D_{50} [444]. Asimismo, los valores de TCP para los casos de próstata analizados fueron calculados con los valores reportados por Okunieff *et al.* [444] y Levegrün *et al.* [453].

Los parámetros empleados para cálculos en tejido sano (gEUD y NTCP) para los casos de prueba del TG-166 y los tratamientos de próstata se recogen en la Tabla II.4.4. Los valores para el parámetro a fueron extraídos del informe del TG-166 [194]. Los valores tomados para a en el caso del *benchmark phantom* fueron 12, 1, 4 y 2 para las estructuras PTV Rectangular, Rectángulo 1, Rectángulo 2 y Triángulo 1, respectivamente. Estos valores fueron seleccionados con el fin de ajustar los resultados de los modelos LKB y de Niemierko (el parámetro a no fue reportado para los cálculos de NTCP con el modelo de Niemierko en el informe del TG-166). Se tomó un valor α/β

Tabla II.4.4: Parámetros radiobiológicos seleccionados para cálculos en tejido sano (gEUD y NTCP). Los valores fueron obtenidos del informe del TG-166 de la AAPM, así como de los estudios de Burman *et al.*, Stavrev *et al.*, Huang *et al.* y Lee *et al.* [194, 454–457].

			Parámetros					
			a	α/β (Gy)	TD_{50} (Gy)	γ_{50} (%/%)	m	n
TG-166	Benchmark phantom	PTV Rectangular	12	3	80	3	0.12	0.25
		Rectángulo 1	1	3	75.1	2.8	0.12	0.25
		Rectángulo 2	4	3	55.3	3.1	0.12	0.25
	H&N	Triángulo 1	2	3	46	1.8	0.12	0.25
		Médula	20	3	66.5	2.6	0.175	0.05
		Parótida	1	3	46	2.2	0.18	0.7
		Mandíbula	10	3	72	3.1	0.1	0.07
	Próstata	Recto	8	3	80	4	0.15	0.12
		Vejiga	8	3	80	4	0.11	0.5
		Cabeza femoral	12	3	65	4	0.12	0.25
		Hueso púbico	12	3	65	4	0.12	0.25
	Cerebral	Tronco cerebral	16	3	65	3	0.14	0.16
		Quiasma óptico	16	3	65	3	0.14	0.25
		Ojo	16	3	65	2	0.19	0.2
		Nervio óptico	16	3	65	3	0.14	0.25
		Oído interno	16	3	65	1.74	0.095	0.01
	Casos de próstata	Recto	8.33	3	80	4	0.15	0.12
		Vejiga	2	3	80	4	0.11	0.5
		Cabeza femoral	4	3	65	4	0.12	0.25

H&N: cabeza y cuello.

de 3 Gy en todos los casos. Los valores para los parámetros TD_{50} , γ_{50} , m y n fueron mostrados en el informe del TG-166, tomados del estudio de Burman *et al.* [454]. Valores adicionales para γ_{50} fueron tomados de los estudios de Stavrev *et al.* [455] (médula y mandíbula), Huang *et al.* [456] (oído interno) y Lee *et al.* [457] (glándula parótida). El valor de γ_{50} para hueso púbico fue tomado como 4, similar al valor para cabezas femorales. Como en el caso del modelo de Niemierko, los valores de los parámetros m y n del modelo LKB no fueron recogidos en el informe de la AAPM; se tomaron valores estándar para hueso ($m = 12$ y $n = 0.25$) a la hora de realizar los cálculos.

II.4.7. Análisis estadístico

Los resultados fueron descritos como *promedio \pm desviación estándar*. Los datos fueron comparados empleando una prueba t de Student pareada de dos colas. La diferencia fue considerada como estadísticamente significativa para valores de $p < 0.05$. La posible correlación entre variables fue estudiada mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r).

III

RESULTADOS

Capítulo III.1

Validación de la técnica VMAT y aplicación al tratamiento de próstata

III.1.1. Validación de la técnica

Se presentan a continuación los resultados directamente relacionados con el contenido del presente estudio. Otros datos, como los referidos a la verificación del MLC dinámico, o el control de calidad del sistema de IGRT empleado en la unidad Synergy, se describen de forma cualitativa o se omiten, puesto que el impacto de los mismos se relaciona tangencialmente con el objetivo del trabajo, aunque su conocimiento sea implícito a la propia aplicación de la técnica y, por tanto, resulte interesante su evaluación y comentario.

III.1.1.1. Comisionado del acelerador

Estabilidad de la dosis con la tasa y linealidad de las UM

La estabilidad del factor de calibración así como el comportamiento lineal con las UM se recoge en la Figura III.1.1. Se recuerda que, para la presentación de resultados, se tomó como referencia la tasa nominal de 600 UM/min, con una irradiación de 100 UM (promedio de dos adquisiciones antes y después de las medidas). Las diferencias relativas respecto del haz tomado como referencia fueron, en el peor de los casos (irradiación de 3 UM, con una tasa de 37 UM/min), inferiores a 1.6 %. Para irradiaciones superiores a 10 UM, con cualquier tasa, las discrepancias relativas fueron inferiores, en valor absoluto, al 0.5 %. Tales resultados permitieron asegurar la estabilidad de ambos parámetros, de forma simultánea.

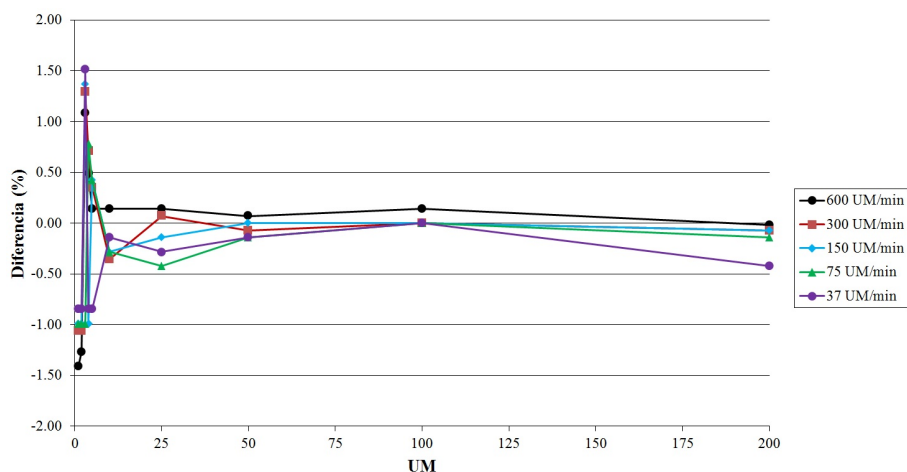


Figura III.1.1: Estabilidad de la dosis con la tasa y linealidad de las UM.

Homogeneidad y simetría del haz

Los resultados para la planitud del haz en las direcciones *in-plane* y *cross-plane* son recogidos en la Figura III.1.2. Los valores obtenidos para la planitud *in-plane* se situaron entre el 100.0 % y el 102.5 %. En el caso *cross-plane*, los resultados fueron empeorando, al igual que en la situación anterior, al descender la tasa de dosis, hasta situarse en el 103.6 %, en el peor de los casos. La simetría del haz para ambas direcciones viene recogida en la Figura III.1.3. En el caso *in-plane*, la simetría estuvo comprendida entre el 101.5 % y el 103.0 % para todas las tasas de dosis. Igual que en la situación anterior, se encontró también un empeoramiento con la tasa de dosis en el caso *cross-plane*, hasta alcanzar el 104.3 %, en el peor de los casos. Para la tasa de dosis de 37 UM/min, la planitud se encontró entre el 100.5 % y 104.0 %, mientras que la simetría se situó 103.0 % y 106.5 %.

Dependencia angular de la dosis

El estudio de la dependencia angular de la dosis con el equipo de medidas diarias StarTrack viene recogido en la Figura III.1.4. La mayor diferencia relativa observada, respecto de la irradiación perpendicular a 0°, fue de 0.25 % para un ángulo de brazo de 285°.

Verificación del MLC dinámico

De modo cualitativo, pueden comentarse someramente los siguientes resultados:

- La irradiación sobre una película radiocrómica del test de vallas (*garden fence*) se presenta en la Figura III.1.5. El resultado cumplió con las tolerancias establecidas para el posicionamiento de las láminas, inferiores a 0.5 mm.

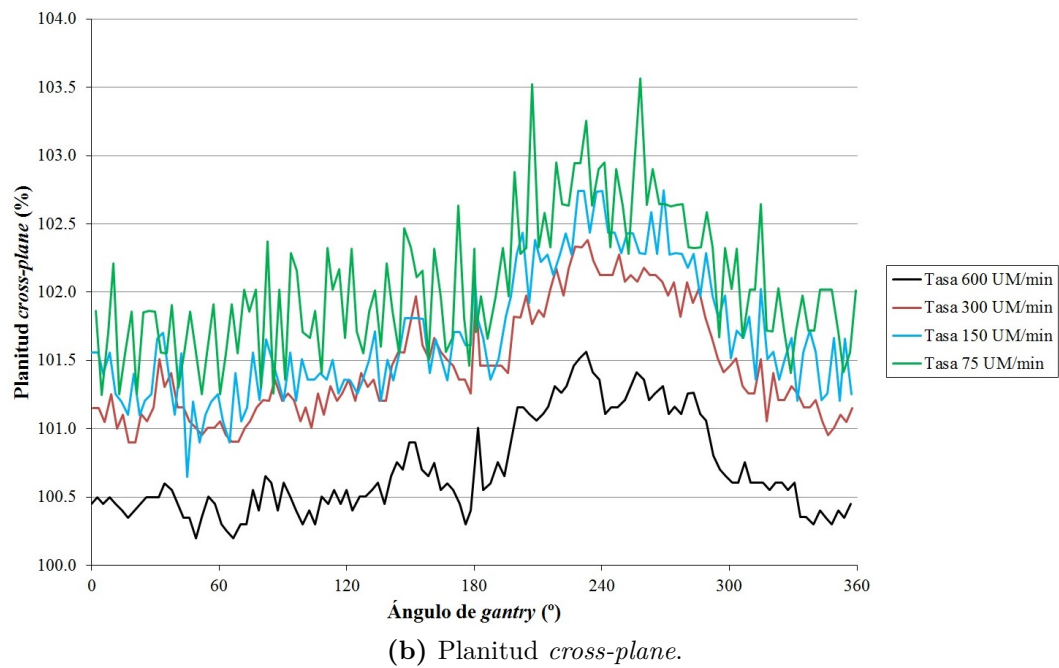
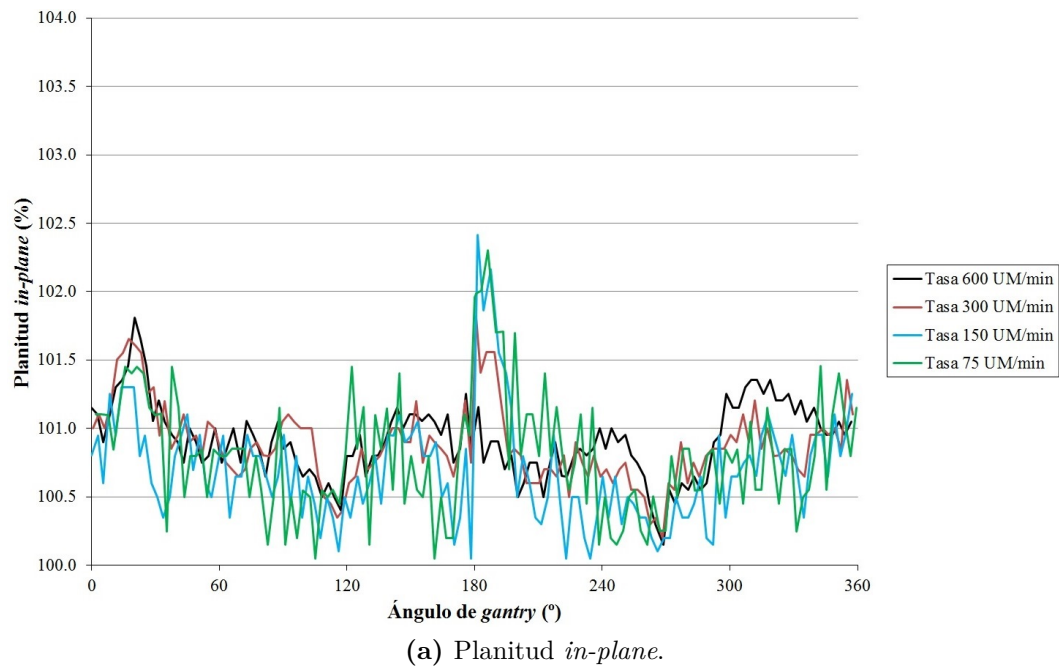


Figura III.1.2: Análisis de la planitud del haz para distintos ángulos de brazo.

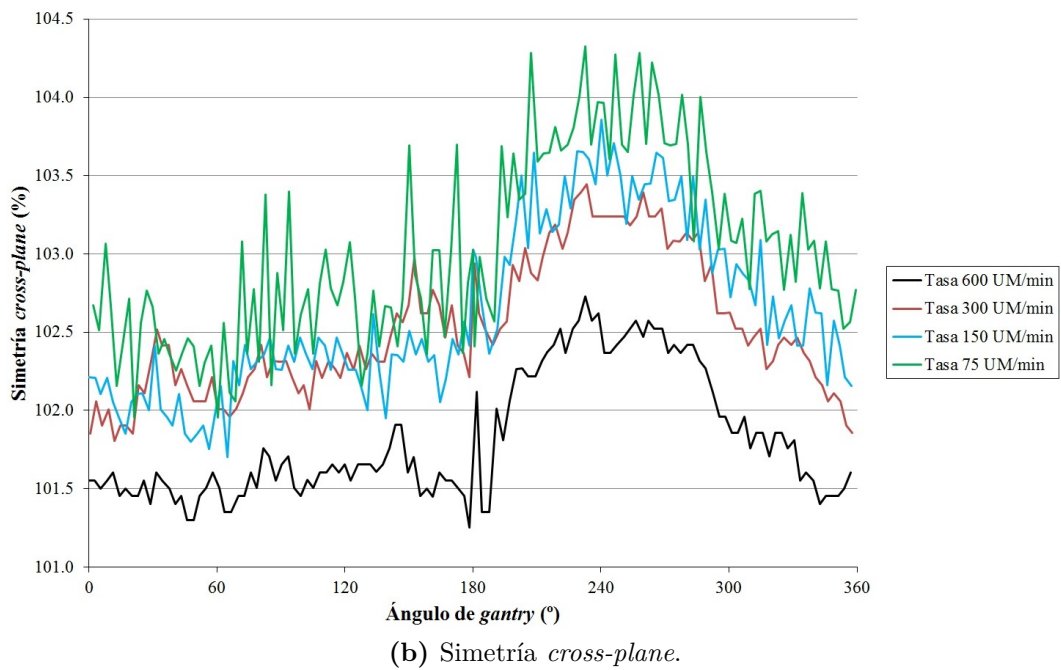
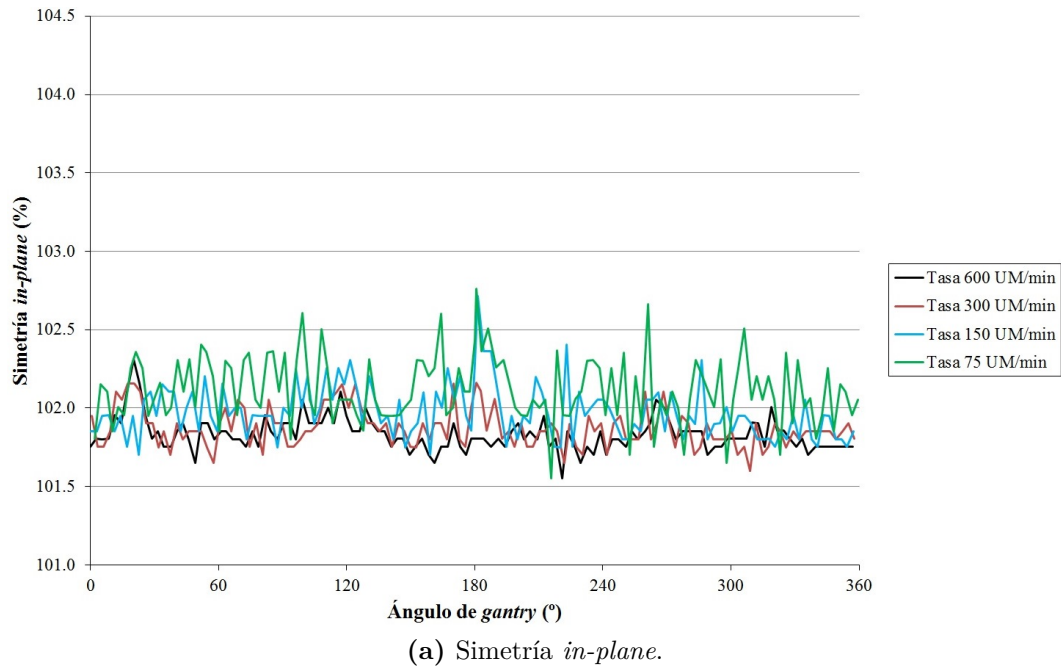


Figura III.1.3: Análisis de la simetría del haz para distintos ángulos de brazo.

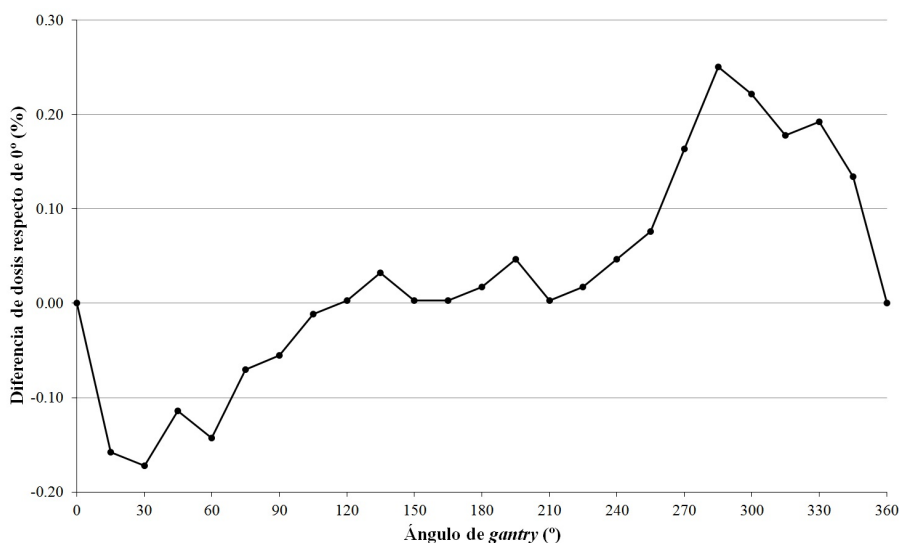


Figura III.1.4: Dependencia angular del factor de calibración medida con el equipo de medidas diarias StarTrack.

- La irradiación de un *gap* dinámico de barrido continuo sobre el mismo tipo de detector se observa también en la Figura III.1.5. La uniformidad de la dosis analizada para la película escaneada se encontró dentro del límite de $\pm 2\%$.
- Diversos resultados para *gaps* asíncronos son presentados en la Figura III.1.6.
- Los resultados para la prueba de funcionamiento conjunto de los sistemas dinámicos (MLC, giro de brazo y tasa de dosis) se recogen en la Figura III.1.7. Se obtuvo, acorde a la definición de la prueba, un patrón de cuatro escalones, coincidentes con cada una de las bandas irradiadas. Normalizando la respuesta al 100 % en el escalón más irradiado, la respuesta obtenida en los restantes fue del 75 %, 50 % y 25 %, manteniendo una correcta homogeneidad de dosis dentro de cada uno de ellos. La anchura de cada escalón irradiado, atendiendo a la definición característica de campo radiante, fue de 5 cm, tal y como se esperaba. Durante la prueba, asimismo, se preservaron las tolerancias definidas por Elekta, recogidas previamente en la Tabla II.1.1, para la irradiación de campos dinámicos.

III.1.1.2. Comisionado del TPS

Dosis absoluta y factores de campo

Los valores de dosis absoluta medidos durante la calibración de la unidad, y obtenidos con el TPS, así como sus discrepancias, se presentan en la Tabla III.1.1. La comparación entre los factores de campo medidos y calculados vienen recogidos en la Tabla III.1.2 y en la Figura III.1.8. La mayor diferencia fue observada para el haz de

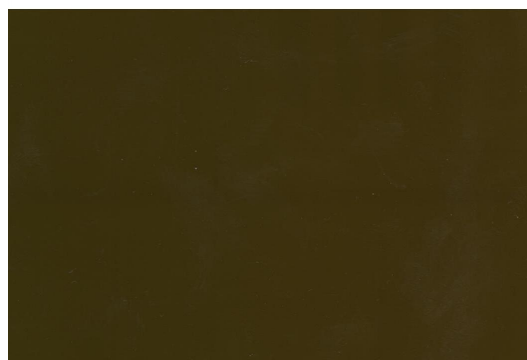
(a) Test de vallas (*garden fence*)(b) *Gap* dinámico de barrido continuo

Figura III.1.5: Irradiación sobre películas radiocrómicas para la verificación del MLC dinámico. A la izquierda se muestra el resultado típico de un test de vallas, mientras que a la derecha se aprecia la irradiación homogénea de una franja barrida de forma continua.

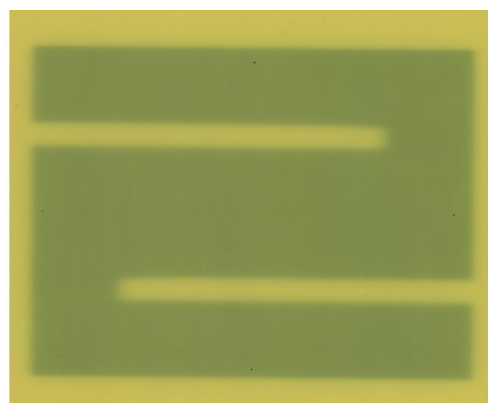
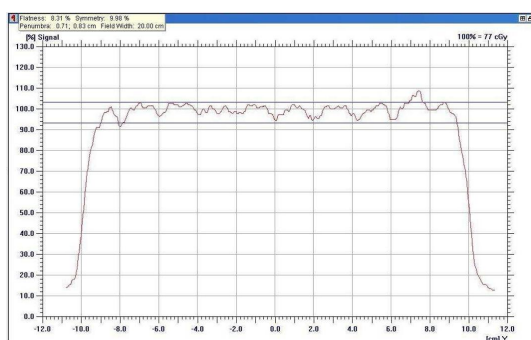


Figura III.1.6: A la izquierda se muestra el resultado del análisis para una prueba de *gaps* asíncronos; a la derecha, otros patrón generado con la dinámica del MLC.

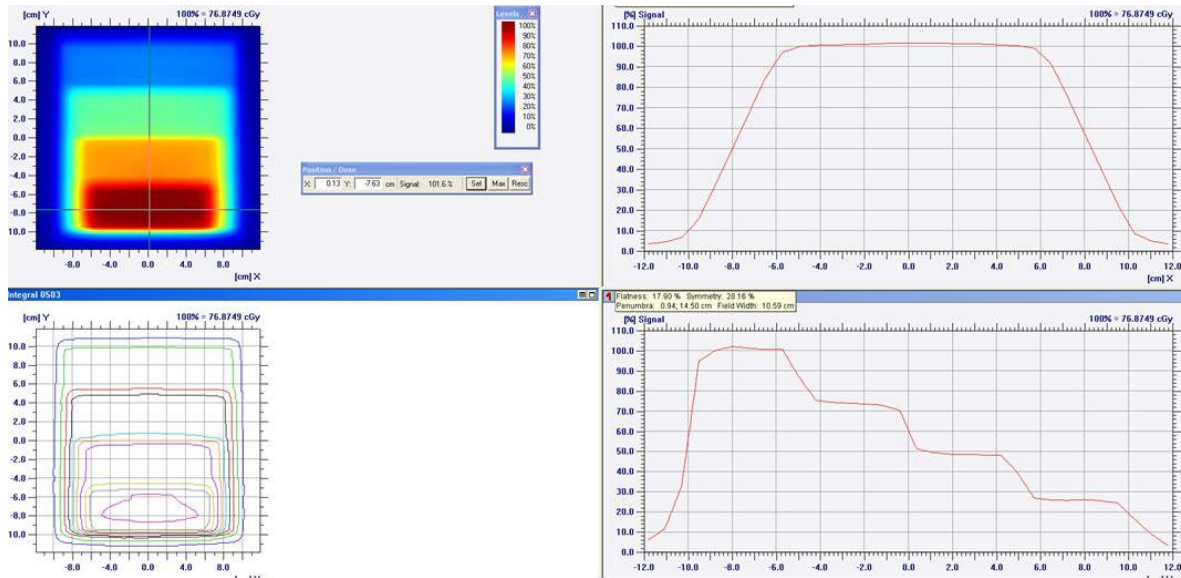


Figura III.1.7: Resultados del análisis en OmniPro I'mRT para el patrón de bandas irradiado para la prueba de funcionamiento conjunto de los sistemas dinámicos (MLC, giro de brazo y tasa de dosis). Se puede apreciar la altura y homogeneidad de cada uno de los escalones generados.

Tabla III.1.1: Comparación entre los valores de dosis absoluta medidos y calculados con Monaco.

<i>Condiciones de medida</i>		<i>Dosis / 100 UM (Gy)</i>		<i>Diferencia (%)</i>
<i>DFS (cm)</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Medida</i>	<i>TPS</i>	
100	10	68.50	68.50	0.0
90	10	82.44	81.30	-1.4

DFS: distancia fuente-superficie; TPS: sistema de planificación.

$2 \times 2 \text{ cm}^2$ (0.9 %). El resto de las discrepancias permanecieron, en valor absoluto, por debajo del 0.5 %.

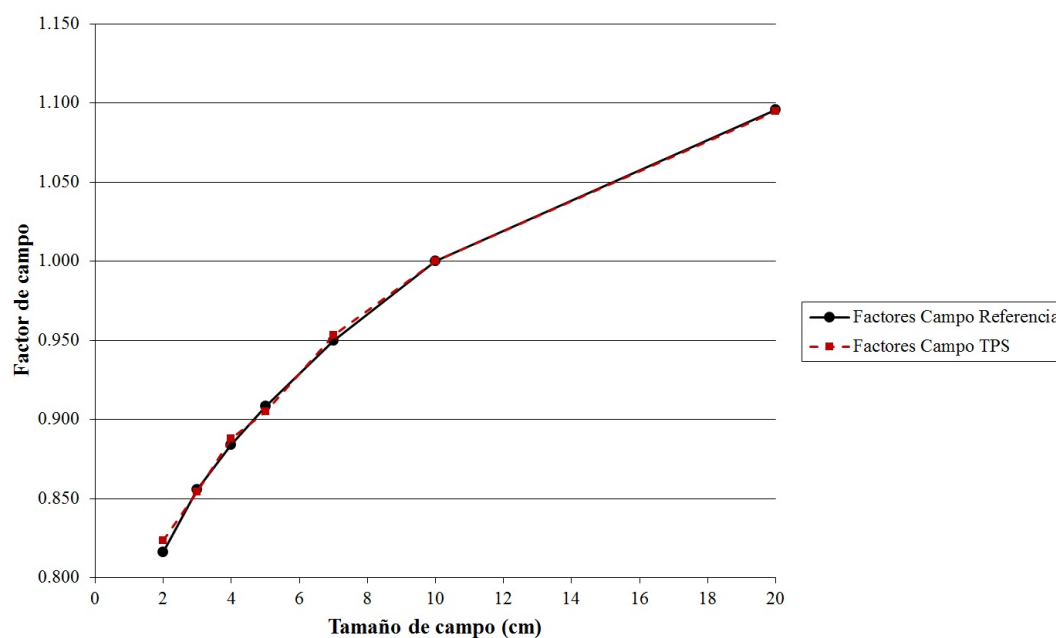
Perfiles y curvas de porcentaje de dosis en profundidad

Los perfiles de referencia, junto con los cálculos Monte Carlo realizados por Monaco vienen recogidos en las Figuras III.1.9 y III.1.10. Los PDDs de referencia y los cálculos del TPS se muestran en la Figura III.1.11. Las diferencias promedio para ambos casos vienen recogidas en la Tabla III.1.3.

Tabla III.1.2: Comparación entre los factores de campo medidos y calculados con Monaco.

<i>Tamaño de campo (cm^2)</i>	<i>OF medidos</i>	<i>OF TPS</i>	<i>Diferencia (%)</i>
2×2	0.816	0.823	0.9
3×3	0.856	0.854	-0.2
4×4	0.884	0.888	0.4
5×5	0.908	0.905	-0.3
7×7	0.950	0.953	0.4
10×10	1.000	1.000	0.0
20×20	1.096	1.095	-0.1

OF: factor de campo; TPS: sistema de planificación.

**Figura III.1.8:** Comparación entre los factores de campo medidos y calculados.**Tabla III.1.3:** Diferencias promedio entre los perfiles y las curvas de porcentaje de dosis en profundidad calculados con el TPS y medidos.

	<i>Diferencias promedio (%) para distintos tamaños de campo (cm^2)</i>					
	2×2	3×3	4×4	5×5	10×10	20×20
Perfil <i>in-plane</i>	-0.2 ± 2.9	0.3 ± 4.0	0.3 ± 2.9	-0.4 ± 2.3	-0.4 ± 2.4	-0.7 ± 2.4
Perfil <i>cross-plane</i>	0.0 ± 1.6	-0.2 ± 1.5	0.8 ± 1.8	0.7 ± 1.7	0.7 ± 2.9	0.7 ± 3.8
PDD	-0.8 ± 0.9	-1.2 ± 1.1	-0.4 ± 1.0	0.2 ± 1	-1.1 ± 0.7	-0.8 ± 0.7

PDD: curva de porcentaje de dosis en profundidad.

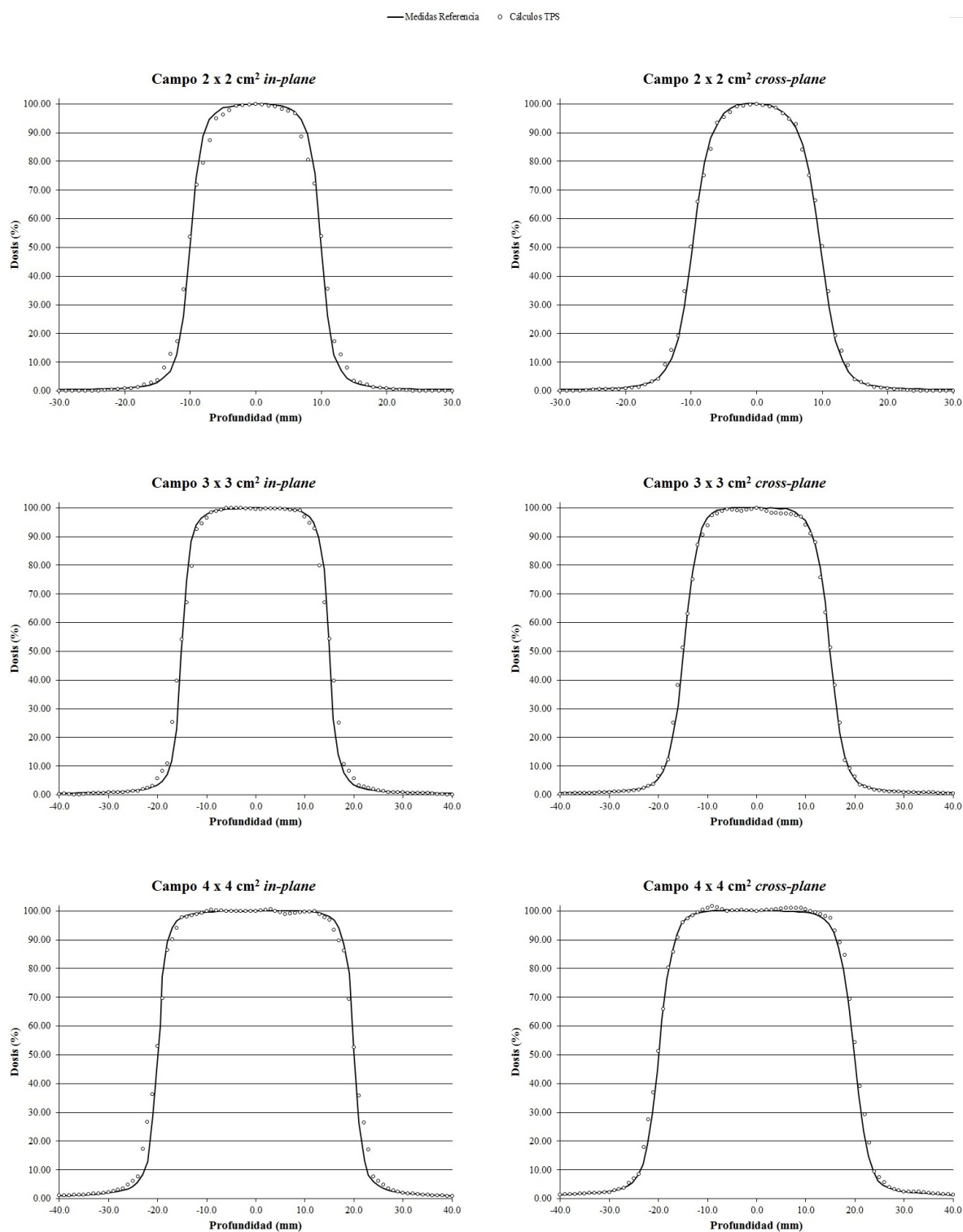


Figura III.1.9: Comparación entre los perfiles de referencia y los cálculos del TPS para los tamaños de campo de 2×2 , 3×3 y 4×4 cm², en ambas direcciones (*in-plane* y *cross-plane*).

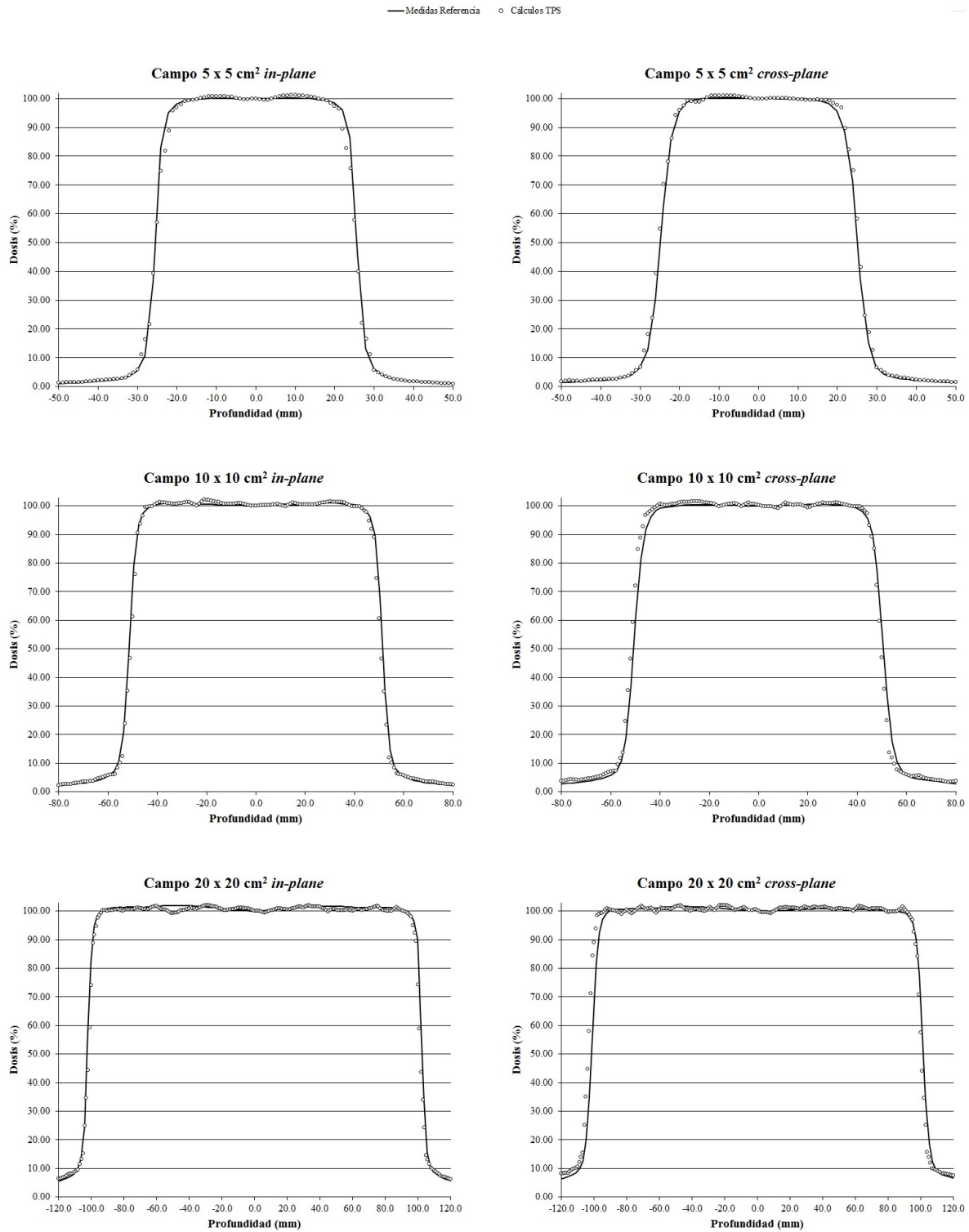


Figura III.1.10: Comparación entre los perfiles de referencia y los cálculos del TPS para los tamaños de campo de 5×5 , 10×10 y 20×20 cm², en ambas direcciones (*in-plane* y *cross-plane*).

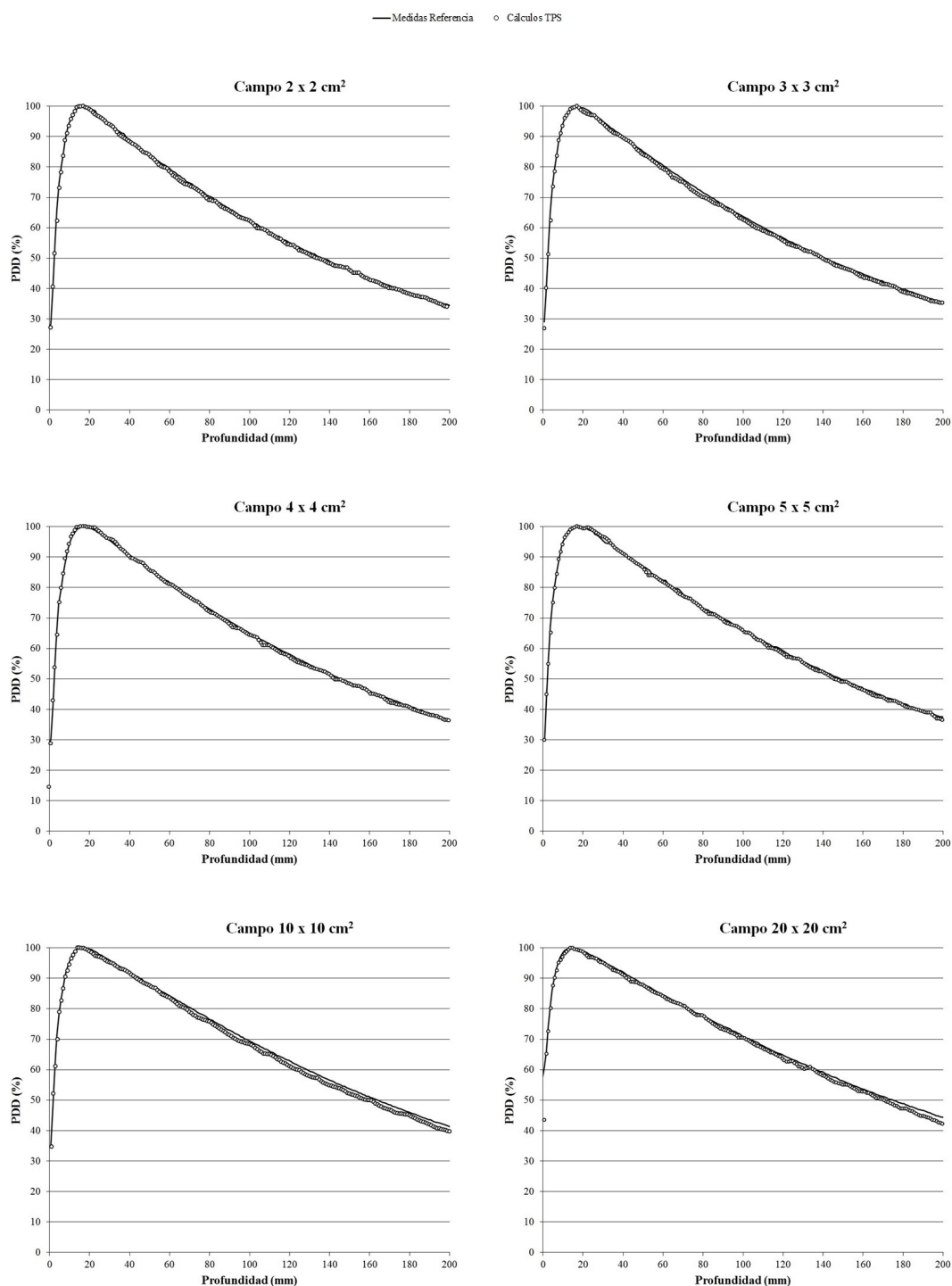


Figura III.1.11: Comparación entre los rendimientos en profundidad de referencia y los cálculos del TPS para los tamaños de campo de 2×2 , 3×3 y 4×4 , 5×5 , 10×10 y 20×20 cm².

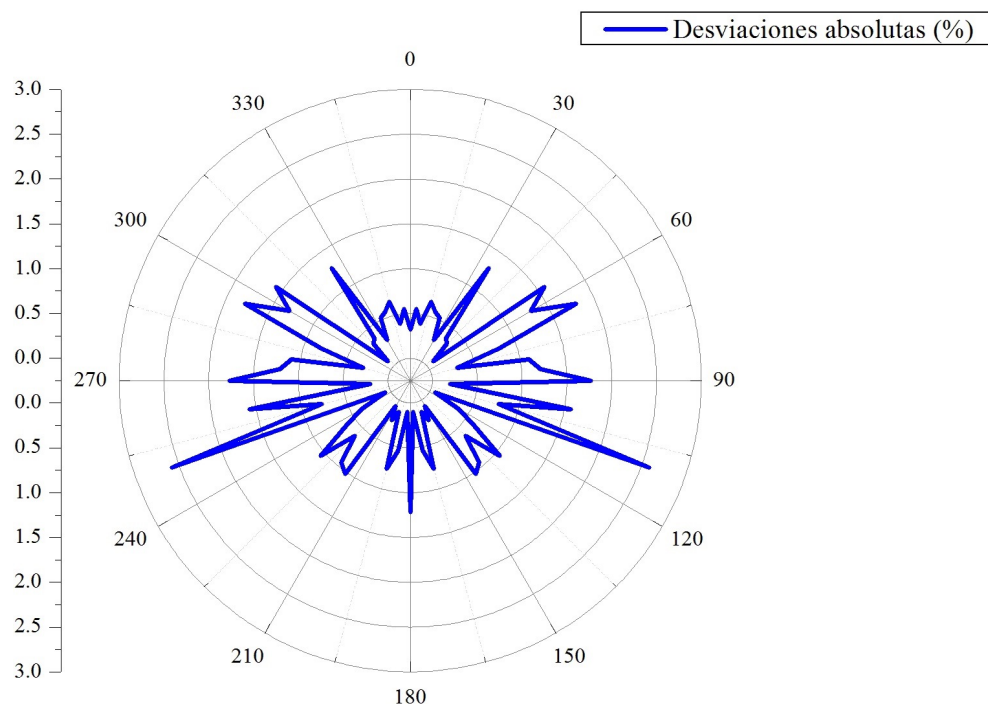


Figura III.1.12: Diferencias entre medidas en la unidad con cámara de ionización y cálculos realizados por el TPS con la inclusión de la mesa de tratamiento.

III.1.1.3. Modelado de la mesa de tratamiento en el TPS

Las desviaciones, en valor absoluto, entre las lecturas de la cámara de ionización y los cálculos realizados por el TPS con la inclusión de la mesa de tratamiento se presentan en la Figura III.1.12, en coordenadas polares. Las mayores discrepancias fueron obtenidas para valores angulares de 110° y 250° (2.6%). En el resto de los casos, las desviaciones observadas fueron inferiores al 2%.

III.1.2. VMAT aplicada al tratamiento de próstata

Los valores para los parámetros dosimétricos de los 100 pacientes de próstata analizados se muestran en las Tablas III.1.4 (riesgo alto e intermedio) y III.1.5 (riesgo bajo y lecho). La Tabla III.1.6 recoge las diferencias promedio obtenidas para los límites establecidos en OARs respecto de las recomendaciones QUANTEC. En el peor de los casos, para el V_{65} de recto en el caso de lecho, el valor promedio de dicho parámetro es un 7.2% inferior a la tolerancia establecida para el mismo.

	Pacientes																									Promedio		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
PTV Próstata	Próstata de alto riesgo																											
	Dgs	77.6	79.1	77.6	78.1	78.6	78.4	78.6	78.6	79.3	78.6	78.4	77.3	77.5	77.6	78.5	78.4	78.3	78.0	78.3	79.0	77.7	78.4	78.3	78.3	78.3		
D2	85.8	85.3	86.2	84.2	85.7	85.3	85.2	84.6	84.3	85.9	85.0	84.9	85.4	85.3	85.5	85.5	85.7	84.8	85.3	85.3	85.0	85.1	85.3	84.9	85.2	85.0	85.0	
D20	82.8	82.6	83.4	82.2	82.3	82.4	82.8	82.8	81.6	83.7	82.5	82.1	82.8	83.0	82.3	82.6	82.7	82.8	82.7	82.4	83.0	82.7	82.3	82.7	82.5	82.6	82.6	
Dmed	82.5	82.5	83.0	81.9	82.3	82.3	82.6	82.5	81.5	83.5	82.5	82.2	82.6	82.7	81.9	82.2	82.3	82.5	82.3	82.7	82.5	82.3	82.7	82.3	82.4	82.4	82.4	
Dgs	60.5	63.1	62.2	64.5	64.1	61.6	61.5	62.8	65.3	64.5	61.6	62.2	61.9	61.9	61.6	62.4	63.2	61.1	61.9	62.4	67.9	61.7	66.0	66.8	64.0	63.1	63.1	
D2	85.3	83.6	83.5	83.5	85.5	85.1	84.0	83.6	83.0	84.2	84.1	82.8	84.1	82.9	83.3	83.5	84.8	84.3	83.5	84.8	84.5	80.5	84.2	84.0	84.7	84.0	84.0	
D20	68.4	75.1	77.5	78.2	81.5	75.1	74.6	77.4	78.4	69.3	74.2	74.6	70.4	73.7	77.0	77.5	70.6	71.2	69.1	81.0	75.4	80.5	80.5	71.3	75.2	73.9	73.9	
Dmed	70.8	74.3	75.6	76.4	79.6	74.5	74.2	74.1	76.8	72.2	74.7	74.2	72.5	73.8	74.6	75.4	76.0	71.9	72.7	71.6	79.4	74.5	78.4	78.7	73.3	74.8	74.8	
Dgs	53.9	54.5	54.4	54.0	54.4	54.7	55.1	54.9	54.5	53.8	55.0	54.8	54.6	54.3	54.3	54.2	54.2	54.6	54.2	56.3	53.7	54.8	54.5	54.5	55.0	54.6	54.6	
D2	68.9	68.0	65.1	61.5	68.8	68.0	67.0	64.9	70.1	64.9	70.0	63.6	60.2	63.8	66.2	66.2	64.8	64.9	68.4	66.9	68.1	68.4	66.5	62.4	63.8	67.5	67.5	
D20	59.5	58.1	59.1	58.8	58.5	58.9	58.8	58.5	59.1	58.6	59.0	58.1	58.3	59.1	58.3	58.1	58.3	58.4	59.1	58.6	59.4	58.4	58.5	58.9	58.7	58.4	58.4	
Dmed	59.9	58.6	59.1	58.5	58.9	59.1	58.9	58.5	59.5	58.5	59.0	58.9	58.9	58.3	59.1	58.3	58.4	59.1	58.8	58.8	58.9	58.7	58.8	63.2	59.2	61.2	61.2	
Recto	V45.4	32.6	31.7	17.8	25.7	36.8	25.0	28.9	31.3	24.9	14.1	24.7	18.4	32.2	21.1	19.7	26.5	20.1	23.4	28.3	20.3	29.6	31.9	19.6	20.9	32.1	25.5	25.9
V44.5	18.0	12.7	4.4	12.2	26.3	16.5	17.2	19.6	17.4	7.4	14.3																	

CFI: cabeza femoral izquierda; CFD: cabeza femoral derecha; VS: vesículas seminales; GLP: ganglios linfáticos pélvicos.

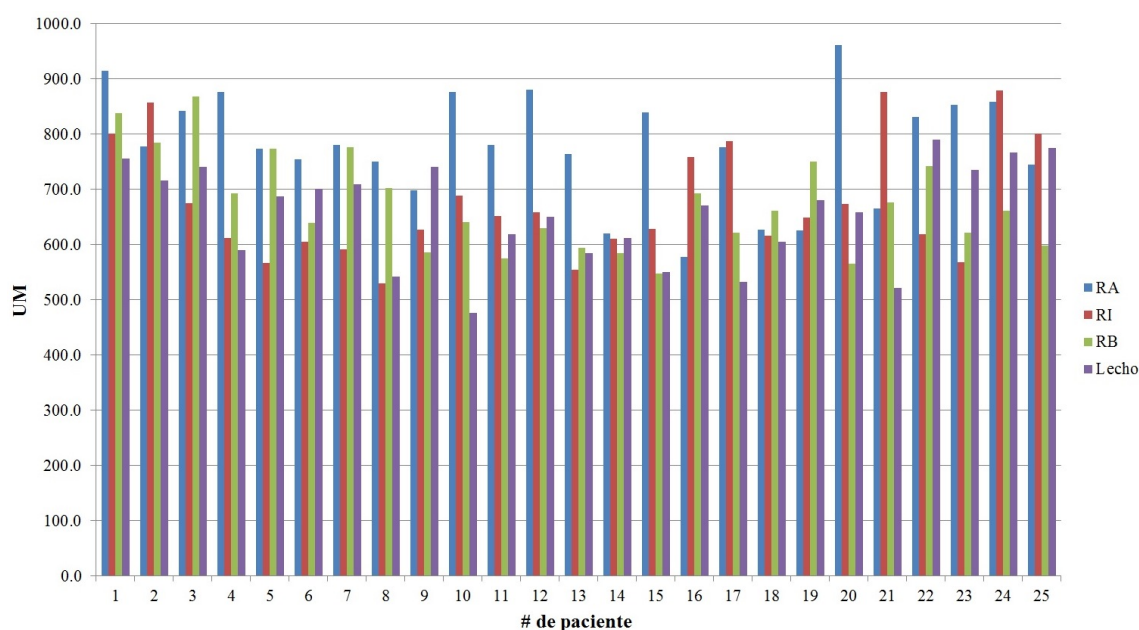
Tabla III.1.5: Valores de los parámetros dosimétricos de los pacientes de próstata analizados para los casos de riesgo bajo y lecho de próstata.

		Pacientes																									Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
		<i>Próstata de bajo riesgo</i>																									
PTV Próstata	D ₈₅	78.3	78.8	78.0	78.1	79.3	80.7	77.6	80.1	79.3	79.0	79.0	79.4	77.4	78.2	79.1	78.8	78.1	77.7	76.6	77.7	77.9	78.9	78.7	78.5	79.3	78.6 ± 0.9
	D ₂	85.0	84.9	85.1	85.6	84.5	85.0	83.4	84.8	84.4	85.1	84.8	85.3	84.9	85.0	85.4	85.2	85.0	85.0	83.2	85.1	85.0	85.3	85.4	85.2	85.1	84.9 ± 0.6
Recto	D ₉₀	82.8	83.0	82.5	82.2	82.6	83.1	83.2	82.6	83.1	83.2	82.6	83.1	83.2	82.7	83.2	83.2	83.0	83.0	81.0	82.9	82.5	83.0	83.0	83.0	83.2	82.8 ± 0.6
	D _{med}	82.6	82.8	82.3	82.1	82.5	83.2	81.0	83.1	82.4	82.9	82.8	82.9	82.8	82.9	82.4	82.7	82.9	82.6	82.6	80.8	82.5	82.3	82.8	82.8	82.9	82.5 ± 0.6
Vejiga	V _{45.4}	13.2	15.1	12.2	17.3	21.7	23.1	17.6	18.0	23.3	24.6	23.3	23.7	36.4	27.9	24.3	17.9	24.0	26.1	18.4	26.2	20.4	39.4	19.2	17.3	29.0	22.4 ± 6.4
	V _{54.5}	8.8	10.6	8.9	12.5	15.5	15.8	11.4	11.9	17.2	15.2	15.6	17.1	27.1	18.9	17.8	13.0	17.3	18.5	13.1	17.4	14.3	30.3	13.1	11.7	22.9	15.8 ± 5.1
CFI	V _{50.1}	6.8	8.3	7.2	10.3	12.6	12.8	8.5	9.6	14.1	11.8	13.0	14.0	22.8	15.1	14.6	10.2	14.5	15.0	10.6	13.5	11.7	26.4	10.7	9.4	19.7	12.9 ± 4.6
	V _{53.6}	5.2	6.6	5.7	8.3	9.3	9.6	5.8	6.7	11.0	8.6	9.7	11.1	17.9	11.0	11.2	7.9	11.1	11.0	8.3	10.0	9.1	21.9	7.6	6.5	16.0	9.9 ± 3.9
CFD	V _{68.2}	3.7	4.4	3.8	5.8	6.1	6.5	2.7	3.9	6.9	4.8	6.0	7.5	10.8	5.0	6.7	4.9	7.0	6.3	5.6	5.3	5.7	17.0	4.3	3.3	11.2	6.2 ± 3.0
	D _{med}	28.0	25.5	21.4	21.1	30.0	30.2	25.3	26.3	34.9	29.9	31.3	38.6	33.5	29.0	27.6	27.0	31.5	27.6	31.6	34.3	42.1	29.1	24.4	33.5	29.6 ± 4.9	
CFD	V _{50.1}	2.3	17.5	11.5	7.1	14.1	17.6	8.5	12.0	7.0	20.3	23.3	15.6	19.1	18.6	10.4	8.4	9.8	9.4	23.9	10.8	23.1	22.9	31.0	10.8	10.7	14.6 ± 6.9
	V _{63.6}	1.2	14.1	9.0	5.6	11.8	14.0	6.6	9.6	5.5	16.1	19.0	12.3	15.6	15.2	8.4	6.8	8.1	7.3	18.3	8.3	19.6	18.6	25.9	8.7	8.1	11.8 ± 5.7
CFI	V _{68.2}	0.2	9.9	6.0	3.5	9.1	9.6	4.0	6.7	3.7	11.2	13.0	8.3	10.8	10.7	5.9	5.0	5.5	4.9	11.6	5.3	14.1	13.1	19.3	5.7	5.3	8.1 ± 4.2
	V _{72.7}	0.0	2.8	0.9	0.1	2.3	1.8	0.0	1.2	0.2	2.5	2.0	1.3	2.9	2.2	1.0	2.0	1.7	0.9	0.3	1.1	0.7	2.9	5.0	0.3	0.5	1.5 ± 1.2
CFD	D _{med}	11.6	32.1	22.2	13.4	23.8	28.9	15.8	20.5	15.0	40.2	34.8	28.8	32.3	32.7	19.5	17.9	20.7	22.1	36.3	23.9	31.3	40.8	43.7	21.4	22.9	26.1 ± 8.9
	D _{max}	42.8	37.1	27.0	32.8	31.6	28.2	30.4	29.5	30.6	35.7	27.3	30.3	36.8	30.9	30.8	33.0	26.5	29.0	32.0	27.9	31.0	32.0	32.8	38.5	35.0	32.0 ± 3.9
CFD	D _{max}	39.0	34.6	26.5	30.3	32.9	26.7	28.1	30.1	31.0	37.5	28.2	29.0	36.9	34.1	30.7	29.8	23.6	32.1	31.8	29.0	31.9	30.2	33.0	36.6	34.5	31.5 ± 3.7
		<i>Lecho de próstata</i>																									
PTV Lecho	D ₈₅	70.7	72.5	71.6	70.7	71.9	70.9	72.2	71.3	71.5	70.4	69.4	70.8	70.2	70.2	70.8	71.7	71.8	71.1	72.0	70.1	71.7	69.2	69.9	71.8	70.9	71.0 ± 0.9
	D ₂	78.0	78.1	78.5	78.3	78.8	78.1	78.2	78.8	77.7	78.9	77.4	77.2	78.3	78.3	77.8	78.1	77.8	78.0	78.2	78.2	78.5	78.5	77.9	77.7	77.4	78.1 ± 0.4
Recto	D ₉₀	75.1	75.4	76.0	75.6	75.8	75.5	75.4	76.0	75.2	76.1	74.7	74.3	75.4	75.3	75.5	75.7	75.5	75.6	75.4	75.0	75.6	75.2	75.2	75.5	74.9	75.4 ± 0.4
	D _{med}	74.9	75.4	75.8	75.4	75.7	75.3	75.4	75.8	75.1	75.7	74.4	74.3	75.3	75.1	75.3	75.5	75.4	75.4	75.4	74.9	75.5	74.9	74.9	75.4	74.7	75.2 ± 0.4
Vejiga	V ₅₀	33.1	25.7	36.5	27.6	37.8	24.5	21.3	36.9	28.7	32.6	20.5	37.0	26.3	32.4	37.3	37.8	43.4	34.2	23.8	40.4	26.6	41.5	42.6	27.0	23.7	32.0 ± 7.0
	V ₆₀	24.0	17.9	26.0	18.2	27.6	18.2	14.5	27.2	19.8	21.7	13.1	28.0	18.3	22.6	27.8	29.2	33.0	25.3	17.4	28.3	17.0	27.1	32.0	21.2	16.3	22.9 ± 5.6
CFI	V ₆₅	19.1	13.8	20.7	13.4	21.9	13.6	11.2	22.1	15.2	16.4	9.5	22.6	13.5	16.4	22.6	24.3	27.4	19.7	14.3	20.7	12.3	19.9	25.3	17.3	11.9	17.8 ± 4.9
	V ₇₀	12.6	9.3	13.0	7.5	14.8	7.2	7.3	15.2	9.6	9.9	5.6	15.2	6.9	8.2	15.8	18.3	19.9	12.9	10.7	10.8	6.8	11.8	16.2	12.5	7.3	11.4 ± 3.9
CFD	V ₇₅	2.3	3.1	2.4	1.7	4.9	0.1	2.4	3.3	1.5	1.0	1.0	3.2	0.5	0.0	2.9	7.0	5.7	0.7	5.5	0.6	0.0	4.1	2.2	2.9	0.1	2.4 ± 1.9
	D _{med}	39.6	35.1	41.1	34.1	44.0	29.1	29.7	41.5	38.4	41.7	31.3	37.2	33.9	40.9	40.7	42.3	41.5	34.8	31.5	44.0	34.8	44.3	43.5	30.7	32.0	37.5 ± 5.0
CFI	V ₆₅	32.2	18.1	8.6	25.6	27.2	24.7	23.1	39.2	22.4	19.3	35.9	32.2	21.8	15.3	33.0	19.3	28.9	26.2	23.0	26.6	30.9	26.2	34.8	30.6	15.6	25.6 ± 7.2
	V ₇₀	27.4	15.9	6.7	21.9	24.0	21.5	20.5	34.5	18.2	16.9	30.0	27.4	19.4	12.3	28.0	16.6	26.3	22.8	19.3	23.0	27.6	21.8	29.5	26.6	13.2	22.1 ± 6.4
CFD	V ₇₅	10.6	6.1	3.2	11.1	14.5	9.2	9.4	20.3	4.4	9.8	9.7	3.4	8.2	4.0	15.0	8.1	16.3	11.8	6.9	8.3	14.5	8.5	18.2	11.2	3.9	9.9 ± 4.6
	V ₈₀	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 ± 0.0
CFI	D _{med}	43.9	25.8	21.7	37.3	37.7	35.2	31.2	46.2	34.3	29.4	47.2	43.4	26.9	24.5	45.9	27.4	31.7	34.2	32.9	42.3	38.8	37.7	48.4	39.2	22.8	35.4 ± 8.0
	D _{max}	41.9	44.4	33.0	37.3	42.3	40.9	41.7	42.9	46.2	42.7	45.6	35.7	44.8	42.4	43.4	43.5	46.6	41.2	38.6	42.5	41.2	45.8	28.9	41.0	43.1	41.5 ± 4.1
CFD	D _{max}	36.3	43.1	35.6	38.0	40.3	37.4	42.3	41.2	46.7	43.1	45.2	39.5	44.0	43.3	45.8	38.9	45.9	43.9	36.6	44.1	38.9	43.1	38.9	35.5	42.7	41.2 ± 3.4

CFI: cabeza femoral izquierda; CFD: cabeza femoral derecha.

Tabla III.1.6: Diferencias promedio obtenidas para los límites establecidos en OARs en el grupo de pacientes de próstata analizados, respecto de las recomendaciones QUANTEC.

		<i>Diferencias (%)</i>			
		<i>Alto riesgo</i>	<i>Riesgo intermedio</i>	<i>Bajo riesgo</i>	<i>Lecho</i>
Recto	$V_{45.4/50}$	-24.5	-25.4	-27.6	-18.0
	$V_{54.5/60}$	-20.5	-19.6	-19.2	-12.1
	$V_{59.1/65}$	-14.1	-13.7	-12.1	-7.2
	$V_{63.6/70}$	-12.1	-11.9	-10.1	-8.6
	$V_{68.2/75}$	-10.6	-10.6	-8.8	-12.6
Vejiga	$V_{59.1/65}$	-32.1	-36.9	-35.4	-24.4
	$V_{63.6/70}$	-21.7	-24.8	-23.2	-12.9
	$V_{68.2/75}$	-16.7	-18.2	-16.9	-15.1
	$V_{72.7/80}$	-13.5	-14.2	-13.5	-15.0
Cabeza femoral I	D_{max}	-8.0	-17.1	-18.0	-8.5
Cabeza femoral D	D_{max}	-7.3	-17.0	-18.5	-8.8

**Figura III.1.13:** Valores de las UM para los 100 casos de próstata recogidos (riesgo alto, intermedio, bajo y lecho de próstata).

Las Figuras III.1.13, III.1.14 y III.1.15 recogen información de parámetros administrativos representativos de tales tratamientos: UM, número de puntos de control y tiempo de administración de tratamiento. Las unidades de monitor fueron claramente superiores para los casos de alto riesgo (valor promedio de 778.0 ± 99.4 UM, frente a

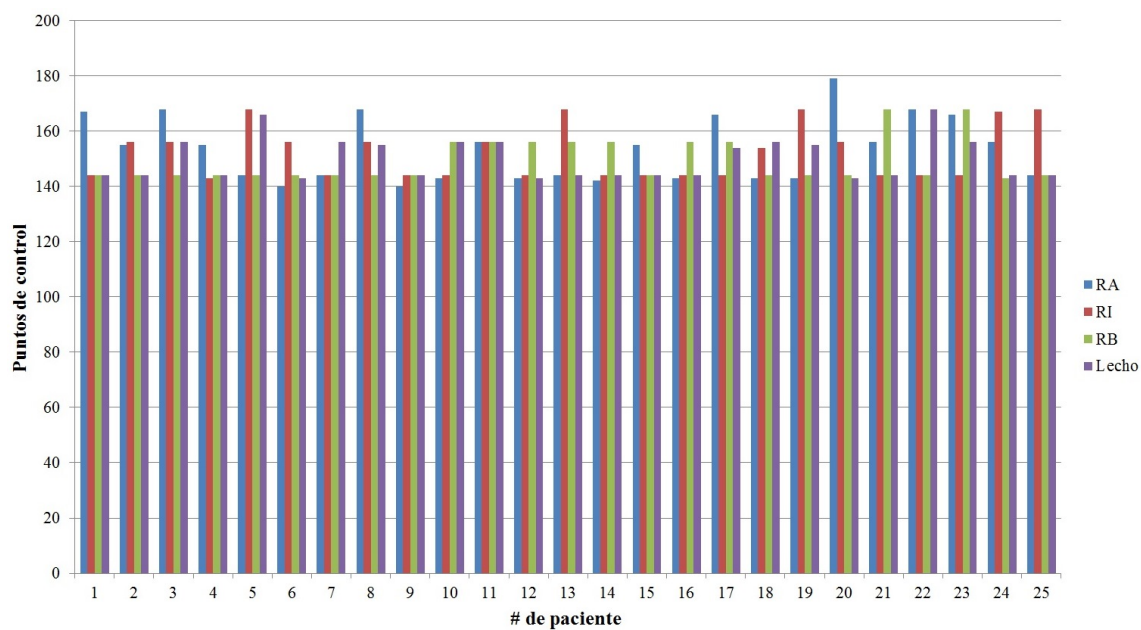


Figura III.1.14: Número de puntos de control para los 100 casos de próstata recogidos (riesgo alto, intermedio, bajo y lecho de próstata).

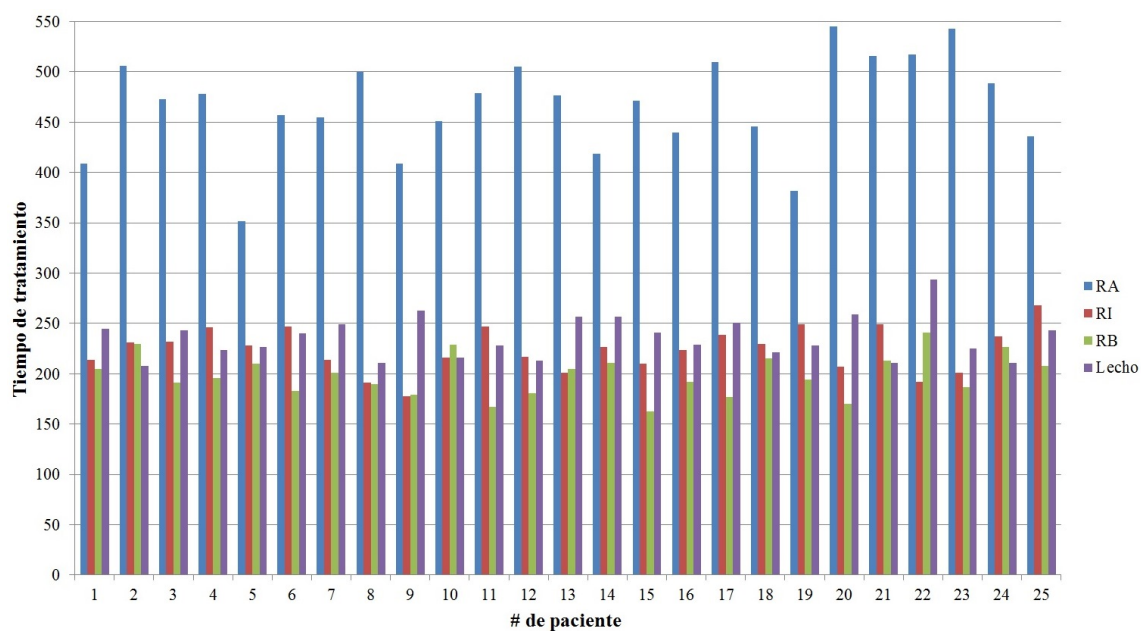


Figura III.1.15: Tiempo de tratamiento (s) para los 100 casos de próstata recogidos (riesgo alto, intermedio, bajo y lecho de próstata).

675.6 ± 103.7 , 673.1 ± 87.7 y 656.7 ± 89.0 para los casos de riesgo intermedio, bajo y lecho, respectivamente). El número de puntos de control empleado en cada caso resultó, en promedio, muy similar (153 ± 12 , 152 ± 10 , 149 ± 8 y 150 ± 8 , para los casos de riesgo alto, intermedio, bajo y lecho, respectivamente). Los tiempos de tratamiento promedio superaron los 7 minutos en el caso de alto riesgo ($467 \text{ s} \pm 48 \text{ s}$); se encontró un claro descenso de los mismos para la situación de riesgo intermedio y bajo, localizándose manifiestamente por debajo de los 4 minutos ($224 \text{ s} \pm 22 \text{ s}$ y $199 \text{ s} \pm 21 \text{ s}$, respectivamente); se observó un ligero repunte de tales tiempos en el caso de los pacientes de lecho, situándose muy cerca de los 4 minutos ($236 \text{ s} \pm 21 \text{ s}$).

Capítulo III.2

Métricas clásicas aplicadas al tratamiento volumétrico

III.2.1. Verificación puntual de dosis absoluta con cámara de ionización

Los resultados para la verificación de los 111 planes de tratamiento analizados se presenta en la Figura III.2.1. La desviación promedio obtenida para la diferencia entre la dosis medida y calculada fue de $-0.5\% \pm 0.4\%$. Las menores desviaciones fueron observadas para las patologías de próstata ($-0.4\% \pm 0.3\%$), siendo para el caso de ORL de $-0.7\% \pm 0.4\%$. Agrupando el resto de patologías, la desviación promedio obtenida fue de $-1.2\% \pm 1.2\%$. La mayor diferencia encontrada entre los casos analizados es de -3.5% .

III.2.2. Verificación de distribuciones de dosis planares empleando una matriz de cámaras de ionización

III.2.2.1. Detector situado sobre la mesa de tratamiento

El empleo de este montaje supuso la restricción de la dinámica del tratamiento exclusivamente al MLC, así como a la variación de la tasa de dosis. Debido a que cualquiera de los otros dos procedimientos descritos condujeron a una mejor reproducción de las condiciones geométricas y dinámicas de administración de tratamiento, este montaje se empleó como complemento a alguno de ellos, por lo que los resultados derivados del mismo no fueron significativos y no son recogidos en el texto.

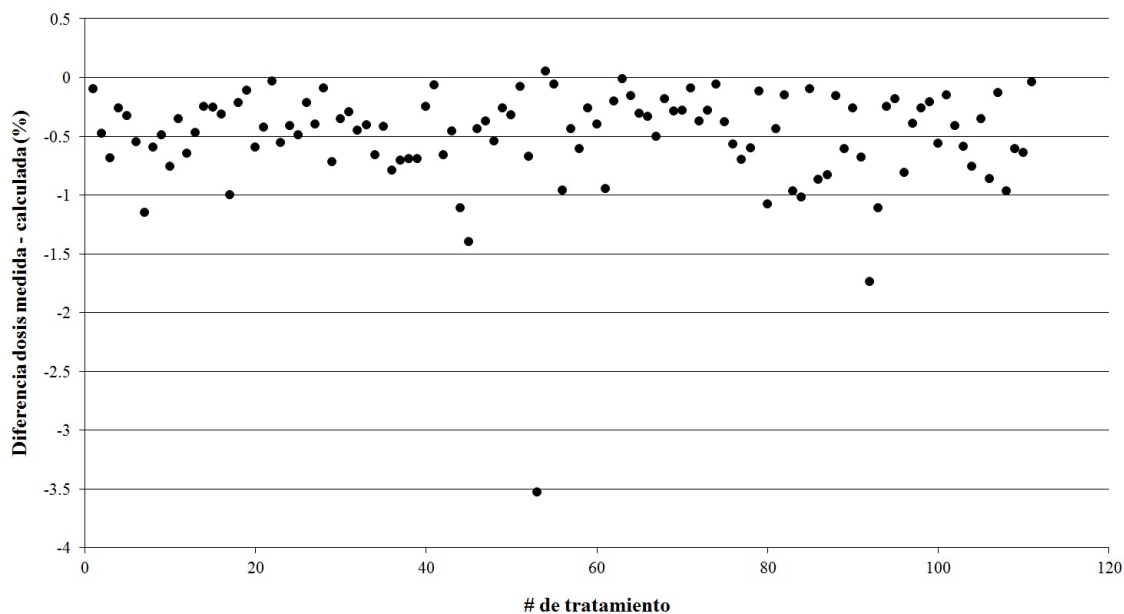


Figura III.2.1: Discrepancias observadas en la comparación entre la dosis puntual medida con cámara de ionización y la calculada por el TPS.

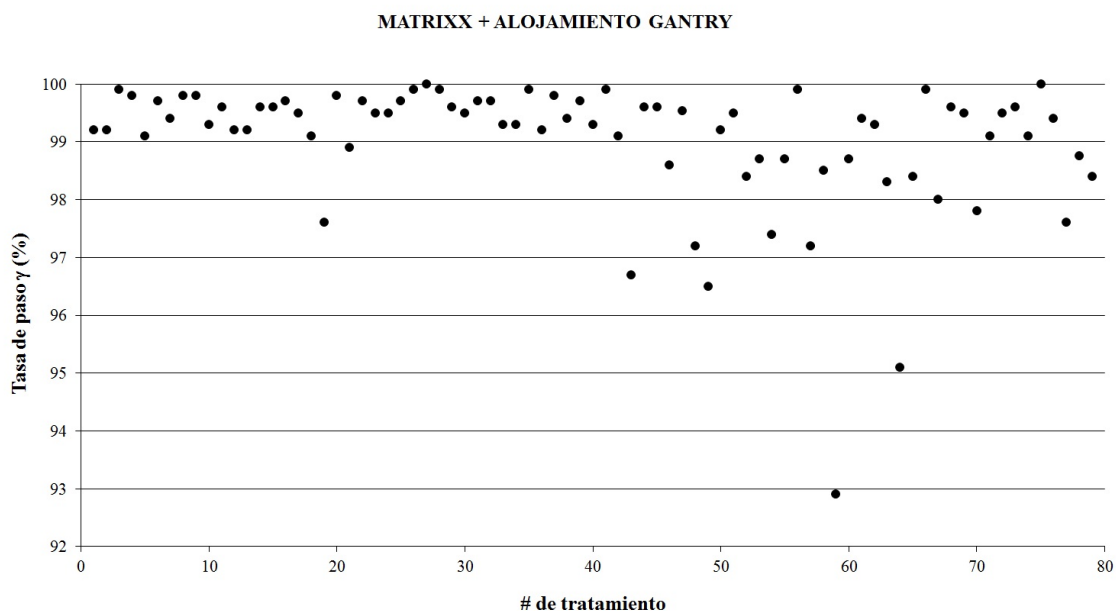


Figura III.2.2: Tasa de paso gamma (3%/3 mm, con normalización global y un umbral inferior de dosis situado en el 10% del máximo de dosis global) para el montaje correspondiente al detector acoplado al cabezal de la unidad de tratamiento.

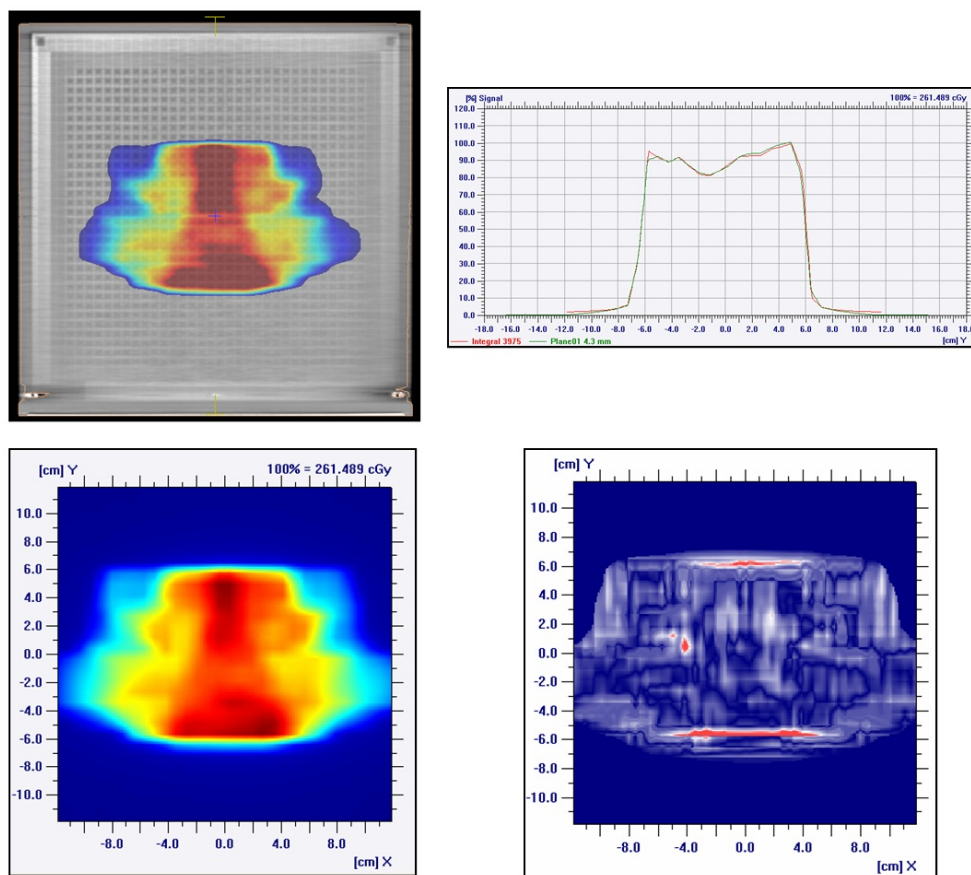


Figura III.2.3: Distribución calculada en el TPS y análisis gamma (3%/3 mm) para un tratamiento de VMAT de cabeza y cuello.

III.2.2.2. Detector situado en un alojamiento para el *gantry*

La tasa de paso gamma (3%/3 mm, con normalización global y un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo de dosis global) se presenta en la Figura III.2.2. El promedio obtenido fue de $99.0\% \pm 1.1\%$. En diversas situaciones se obtuvo una tasa de paso del 100 %, siendo en el peor de los casos del 92.9 %. Como muestra, en la Figura III.2.3 se recoge el análisis gamma para un tratamiento de ORL, donde puede apreciarse un excelente acuerdo entre las distribuciones de dosis medidas y calculadas por el TPS.

III.2.2.3. Detector insertado en un maniquí cúbico homogéneo

Previo a la presentación de los resultados derivados del análisis gamma de las distribuciones medidas con este montaje, fue necesaria la aplicación de los factores de corrección angular. Los valores obtenidos para cada uno de los $DC_{i,j}(\theta)$ y $DM_{i,j}(\theta)$, así como los $FC_{i,j}(\theta)$, vienen recogidos en el Apéndice V.D, considerando las incidencias

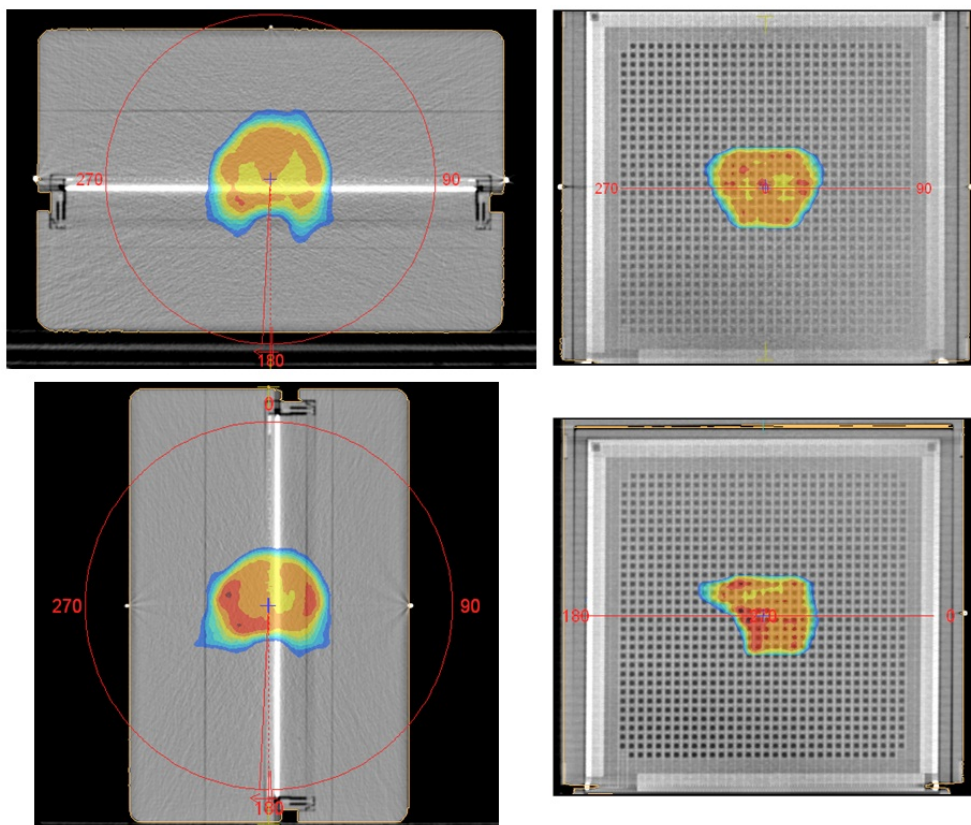
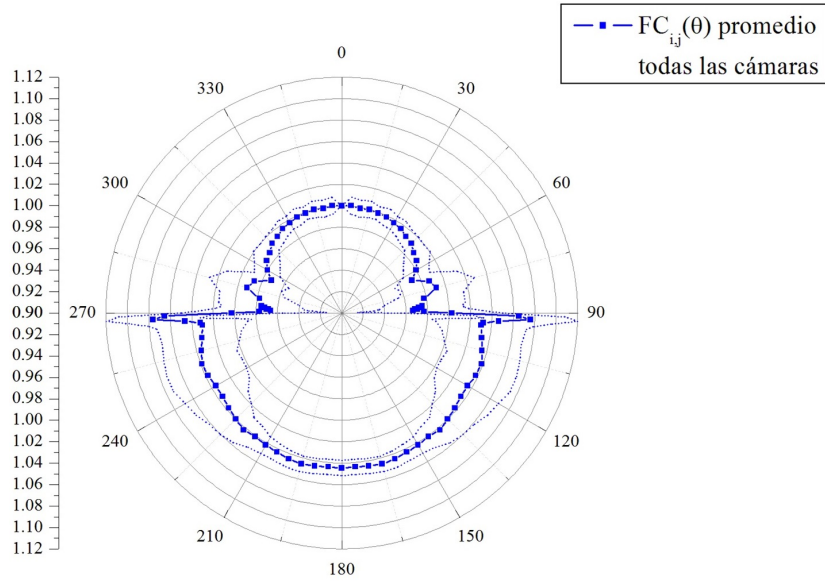


Figura III.2.4: Planos de dosis coroneales y sagitales calculados por el TPS sobre el conjunto MatriXX + MultiCube para un caso de ejemplo de próstata.

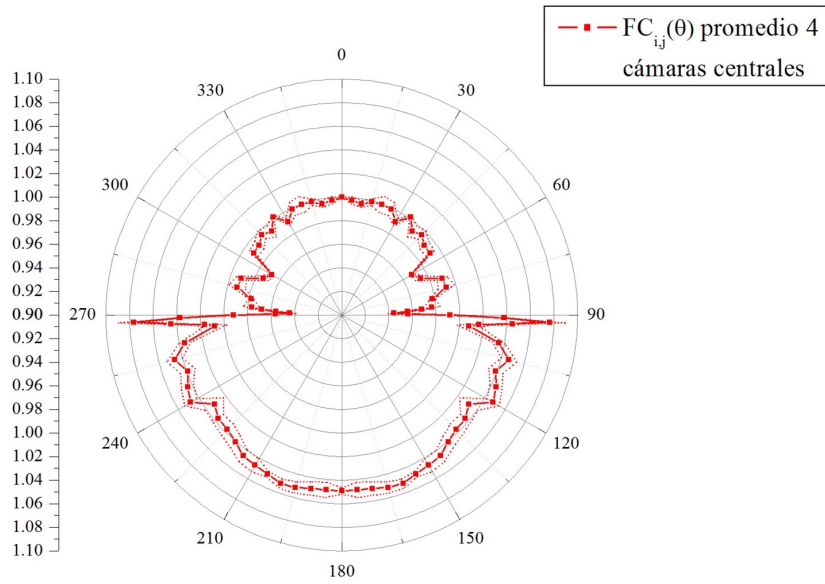
descritas en *Material y Métodos*.

A modo de ejemplo, los planos coroneales y sagitales calculados con el TPS sobre el conjunto MatriXX + MultiCube de un caso particular de próstata pueden ser observados en la Figura III.2.4. El promedio de los factores de corrección para cada ángulo de incidencia viene recogido en la Figura III.2.5, tanto para todas las cámaras del plano de detección, como para las cuatro centrales. Desviaciones de hasta el 18 % y 7 % fueron observadas para incidencias a 90° y 180°, respectivamente.

Tras la aplicación de los $FC_{i,j}(\theta)$, las tasas de paso gamma (3 %/3 mm, con normalización global y un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo de dosis global) para los 32 casos analizados en esta situación se presentan en la Figura III.2.6. Las tasas promedio fueron de 99.0 % \pm 0.7 % y 98.2 % \pm 1.1 %, para los planos coroneales y sagitales, respectivamente. El peor porcentaje observado fue de 95.2 %, para uno de los análisis sagitales.



(a) Promedio y desviación estándar de los $FC_{i,j}(\theta)$ para todas las cámaras del detector.



(b) Promedio y desviación estándar de los $FC_{i,j}(\theta)$ para las cuatro cámaras centrales del detector.

Figura III.2.5: Factores de corrección angular determinados para el conjunto MatriXX + MultiCube.

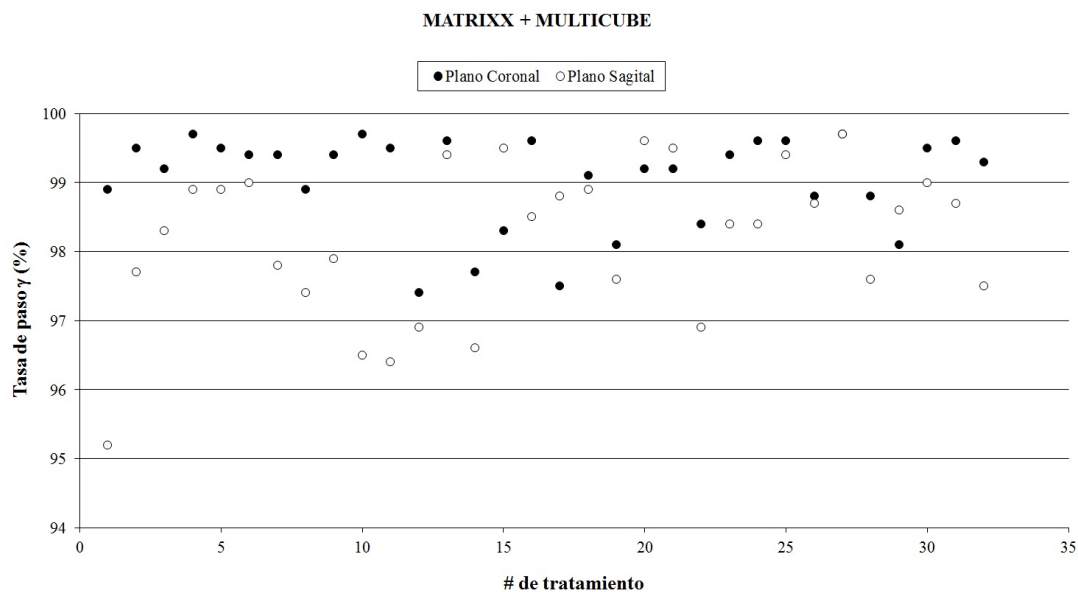


Figura III.2.6: Tasas de paso gamma (3%/3 mm, con normalización global y un umbral inferior de dosis situado en el 10% del máximo de dosis global) para el montaje MatriXX + MultiCube. Pueden observarse los datos para cada una de las dos orientaciones posibles, coronal y sagital.

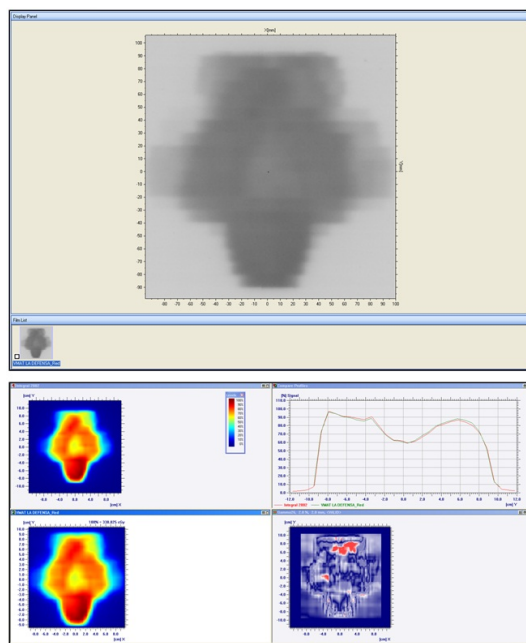


Figura III.2.7: Ejemplo de análisis gamma mediante películas radiocrómicas para un caso de próstata de alto riesgo. La parte superior recoge la distribución escaneada, mientras que en la inferior se muestra el análisis.

III.2.2.4. Verificación adicional mediante películas radiocrómicas

Los resultados derivados de la verificación con películas no arrojaron ninguna novedad respecto de su análisis, pues son los ya conocidos de la dosimetría con este tipo de detectores. Se pretendió que tal verificación complementara a las anteriores. La Figura III.2.7 recoge un ejemplo de este tipo de análisis para un tratamiento de próstata de alto riesgo, que arrojó una tasa de paso del 97.4 %.

III.2.3. Aplicación a la patología de próstata

Los resultados para las verificaciones de dosis puntual con cámara de ionización para cada uno de los 25 casos analizados de cada grupo de pacientes de próstata se presentan en la Figura III.2.8. La Figura III.2.9 recoge las tasas de paso gamma (3 %/3 mm, con normalización global y un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo de dosis global) obtenidas con el conjunto MatriXX + MultiCube para las distribuciones tanto coronales, como sagitales, para los mismos grupos de pacientes.

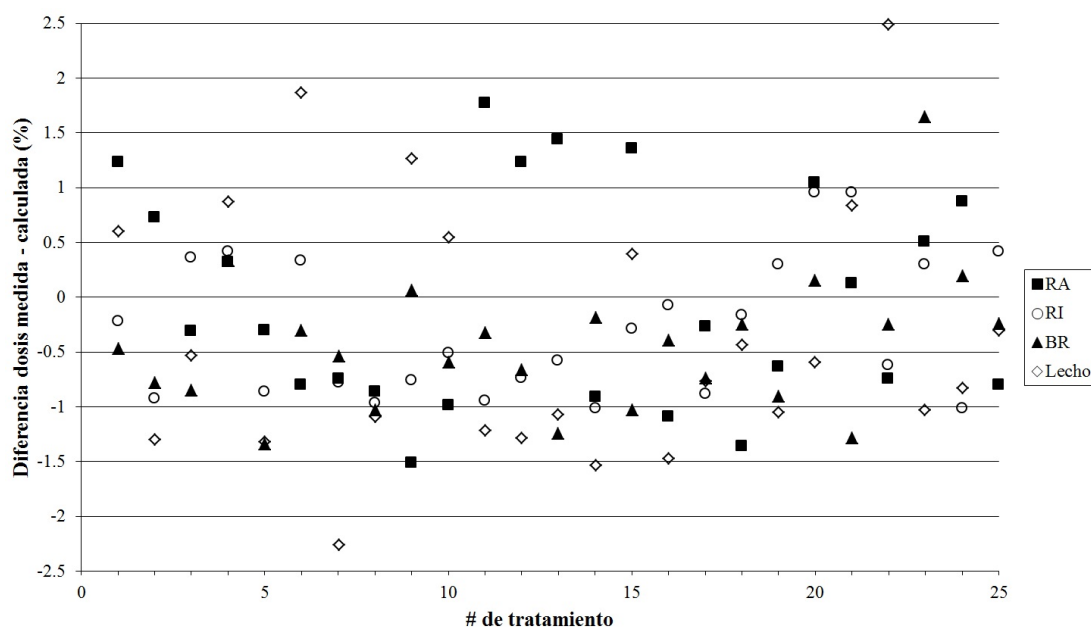
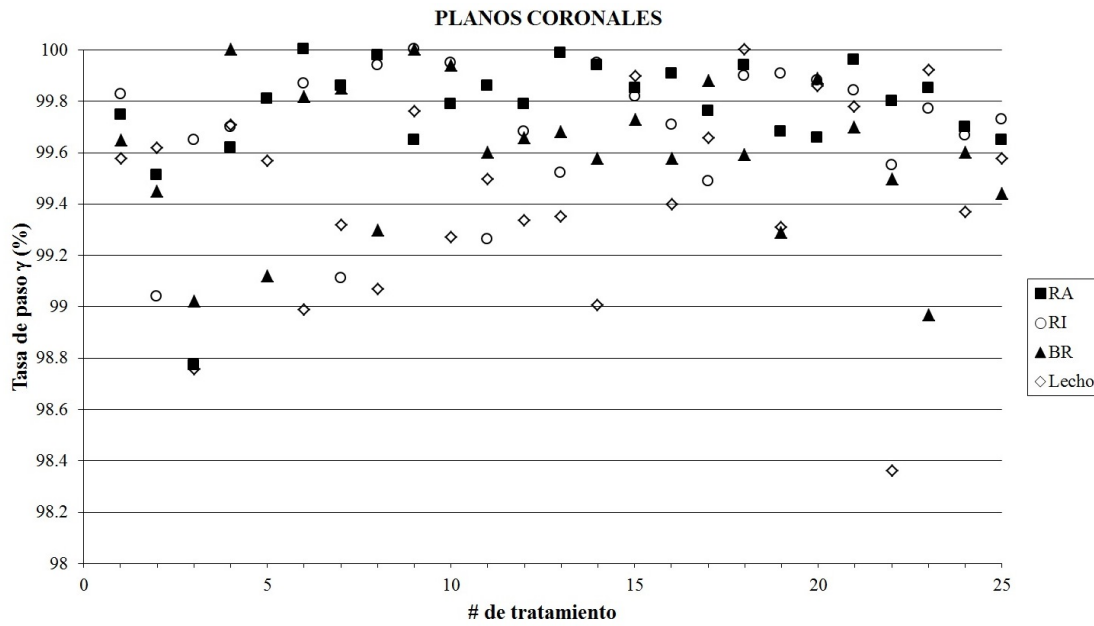
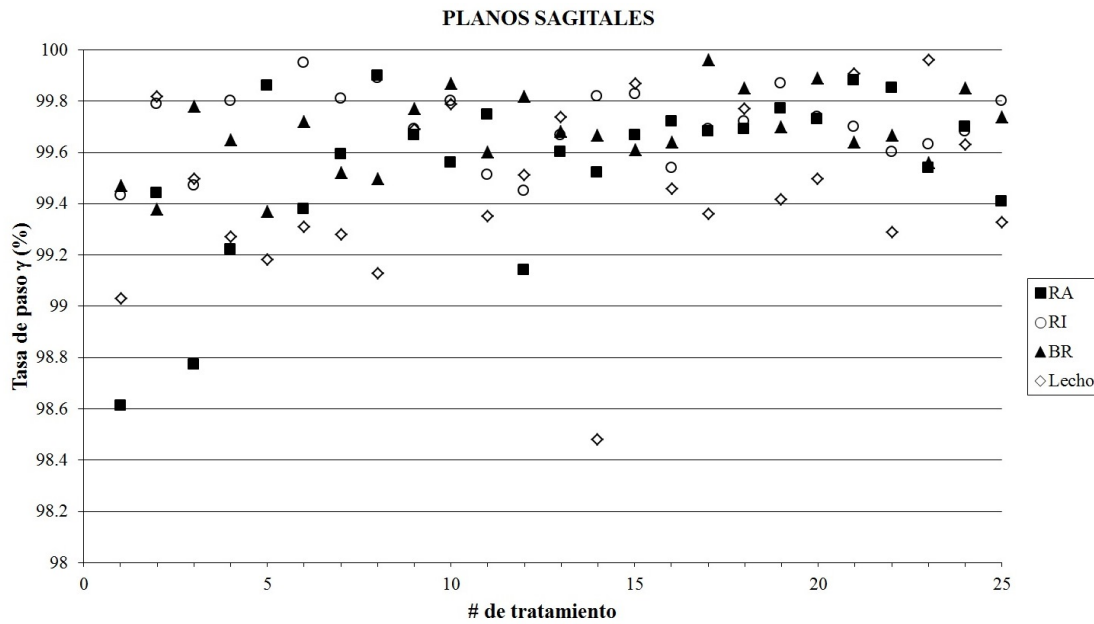


Figura III.2.8: Diferencias observadas en la comparación entre la dosis puntual medida con cámara de ionización y la calculada por el TPS para cada uno de los casos de próstata descritos: alto (RA), intermedio (RI), bajo (RB) riesgo y lecho tras prostatectomía.



(a) Planos coronales.



(b) Planos sagitales.

Figura III.2.9: Tasas de paso gamma (3%/3 mm, con normalización global y un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo de dosis global) empleando el montaje MatriXX + MultiCube para el análisis de planos coronales y sagitales aplicado a los casos de próstata descritos: alto (RA), intermedio (RI), bajo (RB) riesgo y lecho tras prostatectomía.

Tabla III.2.1: Diferencias promedio obtenidas entre la dosis puntual medida con cámara de ionización y la calculada por el TPS para los casos de próstata analizados.

<i>Diferencias promedio (%)</i>			
<i>Alto riesgo</i>	<i>Riesgo intermedio</i>	<i>Bajo riesgo</i>	<i>Lecho</i>
0.0 ± 1.0	-0.3 ± 0.6	-0.4 ± 0.6	-0.4 ± 1.2

Tabla III.2.2: Tasas de paso gamma (3%/3 mm, con normalización global y un umbral inferior de dosis situado en el 10% del máximo de dosis global) promedio para los casos de próstata analizados.

	<i>Tasas de paso gamma promedio (%)</i>			
	<i>Alto riesgo</i>	<i>Riesgo intermedio</i>	<i>Bajo riesgo</i>	<i>Lecho</i>
Planos coronales	99.8 ± 0.2	99.7 ± 0.3	99.6 ± 0.3	99.4 ± 0.4
Planos sagitales	99.5 ± 0.3	99.7 ± 0.1	99.7 ± 0.2	99.5 ± 0.3

Respecto de las verificaciones puntuales con cámara de ionización, las diferencias promedio obtenidas entre la dosis medida y calculada por el TPS pueden observarse en la Tabla III.2.1. La mayor desviación fue encontrada para uno de los tratamientos de lecho tras prostatectomía (2.5%). Las peores discrepancias, en el resto de los casos, fueron de 1.8%, -1.0% y 1.6% para los casos de alto, intermedio y bajo riesgo, respectivamente.

Respecto del análisis gamma, los valores promedio para dichas tasas se recogen en la Tabla III.2.2. La menor tasa de paso gamma fue obtenida para uno de los análisis coronales en el caso de lecho tras prostatectomía (98.4%). Los peores valores, en el resto de los casos fueron 98.6% (sagital), 99.0% (coronal) y 99.0% (coronal) para los casos de alto, intermedio y bajo riesgo, respectivamente.

Capítulo III.3

Métricas 3D basadas en parámetros dosis - volumen

III.3.1. Validación de los dos sistemas

III.3.1.1. Comparación con la calibración de referencia

Los valores de dosis absoluta extraídos para ambos sistemas, esto es, Mobius3D, dosis calculada por COMPASS y dosis reconstruida por COMPASS se recogen en la Tabla III.3.1. Las diferencias fueron inferiores a 0.5 %.

Los OFs se muestran también en la Tabla III.3.1. La máxima discrepancia fue -3.4 % para el campo de $2 \times 2 \text{ cm}^2$ reconstruido por COMPASS. Las diferencias promedio para M3D, CC y CR fueron $-0.8 \% \pm 1.2 \%$, $-0.3 \% \pm 0.3 \%$ y $-0.9 \% \pm 1.4 \%$, respectivamente.

Las diferencias promedio y las tasas de paso gamma obtenidas con los dos criterios descritos para el caso de los PDDs son mostradas en la Tabla III.3.2. Las diferencias se vieron incrementadas con la profundidad, siendo estadísticamente significativas para las comparaciones entre M3D y COMPASS en la región situada entre la profundidad del máximo y 20 cm. En esta zona, la máxima diferencia promedio fue $-2.7 \% \pm 0.2 \%$ para M3D. Las tasas de paso gamma fueron mayores en el caso de COMPASS que para M3D para ambos criterios gamma; las comparaciones arrojaron valores de $p = 0.03$ y $p = 0.02$ para los casos CC y CR, y los criterios $2 \%/2 \text{ mm}$ y $3 \%/3 \text{ mm}$, respectivamente.

Las comparaciones para el caso de los perfiles se muestran en la Tabla III.3.3. Se extrajeron las diferencias promedio para las regiones interna y externa al haz de tratamiento, así como los valores de DTA para las zonas de penumbra. Se recogieron también las tasas de paso gamma con los dos criterios recogidos previamente. Las máximas discrepancias para las secciones *in-plane* y *cross-plane* fueron localizadas fuera (promedio de $1.4 \% \pm 1.8 \%$) y dentro del campo de tratamiento (promedio de $-0.9 \% \pm 2.2 \%$) para los resultados de M3D. Por otra parte, los valores máximos de DTA fueron localizados para M3D en ambas secciones; en el caso *in-plane*, el valor promedio en tal situación fue $0.9 \text{ mm} \pm 0.6 \text{ mm}$ para un campo de $3 \times 3 \text{ cm}^2$; en el caso *cross-plane*,

Tabla III.3.1: Comparaciones de los valores de dosis absoluta y factores de campo (OFs) para Mobius3D y COMPASS.

Valores de referencia		Mobius3D		COMPASS			
		Cálculo	Diferencia (%)	Cálculo	Diferencia (%)	Reconstrucción	Diferencia (%)
FC	0.685	0.685	-0.0	0.682	-0.4	0.685	0.0
Campo (cm ²)	OF						
2 × 2	0.816	0.791	-3.1	0.811	-0.6	0.788	-3.4
3 × 3	0.856	0.844	-1.4	0.852	-0.5	0.842	-1.6
4 × 4	0.884	0.882	-0.2	0.880	-0.5	0.874	-1.1
5 × 5	0.908	0.901	-0.7	0.906	-0.2	0.902	-0.6
7 × 7	0.950	0.948	-0.2	0.952	0.2	0.949	-0.1
10 × 10	1.000	1.000	0.0	1.000	0.0	1.000	0.0
20 × 20	1.096	1.098	0.2	1.094	-0.2	1.105	0.8

FC: factor de calibración; OF: factor de campo.

Tabla III.3.2: Comparaciones para las curvas de porcentaje de dosis en profundidad (PPDs) frente a las medidas de referencia adquiridas con cuba, para Mobius3D y COMPASS. Los PDDs se dividieron en cuatro regiones (equilibrio, máximo, profundidades entre el máximo y 10 cm y entre 10 cm y 20 cm). Las curvas fueron comparadas empleando las diferencias promedio, así como las tasas de paso gamma (criterios 2%/2 mm y 3%/3 mm), con normalización local sin umbral inferior de dosis.

Tamaño de campo	Diferencias promedio (%)				Tasas de paso gamma (%)	
	Equilibrio	Máximo	Máximo - 10 cm	10 cm - 20 cm	2%/2 mm	3%/3 mm
<i>Mobius3D</i>						
2 × 2	0.6±1.3	-0.1	-1.9±0.9	-3.2±0.2	44.6	98.5
3 × 3	0.8±0.8	-0.1	-1.8±0.9	-3.1±0.2	44.8	98.8
4 × 4	0.9±1.0	0.0	-2.1±1.0	-3.1±0.1	38.7	98.8
5 × 5	0.8±1.0	0.0	-1.2±0.6	-2.0±0.2	98.8	99.6
7 × 7	-0.4±1.5	0.5	-1.0±0.6	-2.1±0.3	98.6	99.3
10 × 10	1.8±1.6	0.1	-1.9±0.7	-3.0±0.3	54.3	98.8
20 × 20	0.5±1.8	-0.9	-2.3±0.4	-2.1±0.2	96.8	99.4
<i>Cálculo COMPASS</i>						
2 × 2	1.3±1.5	0.0	-1.0±0.5	-1.6±0.2	99.6	99.6
3 × 3	1.5±1.3	0.2	-0.9±0.5	-1.6±0.2	99.6	99.6
4 × 4	0.7±1.6	0.0	-1.1±0.4	-1.7±0.1	99.6	99.6
5 × 5	0.8±1.5	0.0	-0.4±0.2	-0.6±0.1	99.6	99.7
7 × 7	-0.1±0.8	-0.1	-0.1±0.2	-0.7±0.3	99.2	99.2
10 × 10	0.3±1.0	0.0	-0.8±0.4	-1.8±0.2	99.2	99.7
20 × 20	0.2±0.7	0.4	-0.6±0.3	-1.3±0.3	99.7	99.8
<i>Reconstrucción COMPASS</i>						
2 × 2	1.3±1.5	0.0	-1.0±0.5	-1.6±0.2	99.6	99.6
3 × 3	1.2±1.3	0.2	-0.9±0.4	-1.7±0.2	99.6	99.6
4 × 4	0.7±1.6	0.0	-1.2±0.5	-1.8±0.1	99.6	99.6
5 × 5	0.8±1.5	0.0	-0.4±0.2	-0.6±0.1	99.6	99.7
7 × 7	-0.1±0.8	-0.1	-0.1±0.2	-0.7±0.3	99.1	99.2
10 × 10	0.4±1.0	0.0	-0.8±0.4	-1.7±0.3	99.2	99.7
20 × 20	0.2±0.6	0.4	-0.6±0.3	-1.3±0.3	99.7	99.8

Tabla III.3.3: Comparaciones para los perfiles frente a las medidas de referencia adquiridas con cuba, para Mobius3D y COMPASS. Los perfiles se dividieron en tres regiones (fuera del campo, penumbra y dentro del campo). Las diferencias promedio fueron extraídas par las regiones fuera y dentro del campo de tratamiento. Los valores promedio para la *distance-to-agreement* (DTA) fueron extraídos para las regiones de penumbra. Asimismo, las tasas de paso gamma (con normalización local sin umbral inferior de dosis) fueron obtenidas con dos criterios distintos (2%/2 mm y 3%/3 mm)..

Diferencias promedio (%)				DTA promedio (mm)	Tasas de paso gamma promedio (%)	
Tamaño de campo (cm ²)		Fuera de campo	Dentro de campo	Penumbra	2 %/2 mm	3 %/3 mm
Mobius3D						
In-plane	2 × 2	1.0 ± 2.6	-2.8 ± 3.3	0.7 ± 0.4	100.0	100.0
	3 × 3	1.8 ± 2.5	-2.4 ± 3.7	0.9 ± 0.6	94.2	100.0
	4 × 4	1.8 ± 2.3	-1.4 ± 2.9	0.9 ± 0.5	94.7	100.0
	5 × 5	1.6 ± 1.6	-1.5 ± 3.8	0.7 ± 0.4	98.1	100.0
	7 × 7	0.7 ± 1.1	-0.3 ± 3.6	0.7 ± 0.4	100.0	100.0
	10 × 10	1.6 ± 0.3	-0.4 ± 2.1	0.6 ± 0.4	100.0	100.0
	20 × 20	1.5 ± 0.6	-0.1 ± 1.7	0.8 ± 0.5	99.8	100.0
Cross-plane	2 × 2	0.1 ± 0.7	-1.9 ± 2.0	0.4 ± 0.3	100.0	100.0
	3 × 3	0.7 ± 0.5	-2.4 ± 3.7	0.5 ± 0.4	100.0	100.0
	4 × 4	0.9 ± 1.1	-1.5 ± 2.6	0.8 ± 0.5	94.7	100.0
	5 × 5	1.1 ± 0.7	-0.6 ± 1.8	0.5 ± 0.4	100.0	100.0
	7 × 7	0.3 ± 0.8	-1.0 ± 2.2	0.8 ± 0.6	100.0	100.0
	10 × 10	0.8 ± 0.9	0.3 ± 1.2	1.1 ± 0.5	100.0	100.0
	20 × 20	0.2 ± 1.3	0.5 ± 1.4	1.5 ± 0.2	100.0	100.0
Cálculo COMPASS						
In-plane	2 × 2	0.1 ± 1.2	-1.0 ± 1.1	0.3 ± 0.2	100.0	100.0
	3 × 3	0.2 ± 0.8	-0.4 ± 1.6	0.4 ± 0.3	100.0	100.0
	4 × 4	0.3 ± 1.5	-0.4 ± 0.5	0.4 ± 0.2	100.0	100.0
	5 × 5	-0.1 ± 0.3	-0.5 ± 0.8	0.2 ± 0.1	100.0	100.0
	7 × 7	0.0 ± 0.2	-0.2 ± 0.3	0.1 ± 0.1	100.0	100.0
	10 × 10	-0.5 ± 1.4	-0.3 ± 0.4	0.5 ± 0.3	100.0	100.0
	20 × 20	-0.6 ± 1.0	-0.6 ± 1.0	0.5 ± 0.2	100.0	100.0
Cross-plane	2 × 2	0.2 ± 1.0	-0.8 ± 1.5	0.3 ± 0.2	100.0	100.0
	3 × 3	0.4 ± 0.6	-0.8 ± 1.2	0.3 ± 0.2	100.0	100.0
	4 × 4	0.5 ± 0.9	-0.5 ± 0.9	0.3 ± 0.1	94.8	100.0
	5 × 5	0.6 ± 0.8	-0.5 ± 0.8	0.3 ± 0.2	100.0	100.0
	7 × 7	0.2 ± 0.4	-1.1 ± 1.3	0.3 ± 0.3	100.0	100.0
	10 × 10	-0.1 ± 0.9	0.4 ± 0.6	0.2 ± 0.1	100.0	100.0
	20 × 20	-0.5 ± 0.9	-0.2 ± 0.6	0.3 ± 0.2	100.0	100.0
Reconstrucción COMPASS						
In-plane	2 × 2	0.2 ± 0.8	-1.8 ± 2.1	0.3 ± 0.2	100.0	100.0
	3 × 3	0.5 ± 1.2	-1.4 ± 1.7	0.4 ± 0.3	100.0	100.0
	4 × 4	0.3 ± 0.6	-1.8 ± 3.2	0.3 ± 0.3	98.2	100.0
	5 × 5	-0.1 ± 0.3	-1.1 ± 1.3	0.2 ± 0.2	100.0	100.0
	7 × 7	0.2 ± 0.4	-0.9 ± 1.5	0.2 ± 0.1	100.0	100.0
	10 × 10	-0.2 ± 1.6	-0.2 ± 1.2	0.8 ± 0.3	100.0	100.0
	20 × 20	-0.2 ± 1.4	-0.6 ± 0.9	0.6 ± 0.2	100.0	100.0
Cross-plane	2 × 2	0.4 ± 1.1	-1.3 ± 1.9	0.3 ± 0.2	100.0	100.0
	3 × 3	0.6 ± 0.9	-1.2 ± 1.7	0.3 ± 0.2	100.0	100.0
	4 × 4	0.6 ± 0.8	-1.1 ± 1.7	0.3 ± 0.2	94.7	100.0
	5 × 5	0.6 ± 0.9	-0.8 ± 1.1	0.2 ± 0.1	100.0	100.0
	7 × 7	0.2 ± 0.3	-1.7 ± 2.1	0.5 ± 0.3	100.0	100.0
	10 × 10	0.1 ± 0.9	0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.2	100.0	100.0
	20 × 20	0.2 ± 1.1	-0.1 ± 0.3	0.4 ± 0.2	100.0	100.0

fue $1.5 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ para un campo de $20 \times 20 \text{ cm}^2$. Para los perfiles *in-plane*, los resultados de COMPASS fueron mejores que los de M3D fuera del haz de tratamiento ($p < 0.01$ tanto para CC, como para CR). Asimismo, los resultados de CC fueron mejores que los de CR tanto en la región interna ($p = 0.01$) como externa al haz ($p = 0.02$). En la zona de penumbra de las secciones *in-plane*, los resultados de COMPASS fueron mejores que los de M3D ($p < 0.01$ para las comparaciones CC y $p = 0.01$ para las comparaciones CR). En el caso de los perfiles *cross-plane*, los resultados de CC fueron mejores que los obtenidos por M3D fuera del haz ($p = 0.03$). Además, los resultados de CC fueron mejores que los de CR en la región interna al haz ($p = 0.01$). En el caso de las penumbras para las secciones *cross-plane*, los resultados de COMPASS fueron mejores que los de M3D ($p = 0.01$ en ambos casos, esto es, para las comparaciones CC y CR). El resto de las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas, incluyendo las tasas de paso gamma para las comparaciones de perfiles.

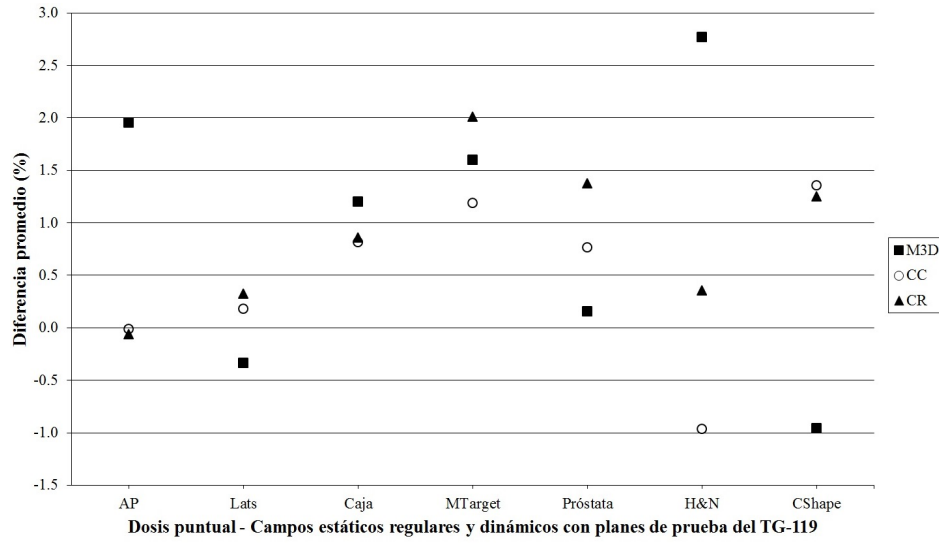
III.3.1.2. Validación con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM

Las diferencias entre los valores de dosis puntual obtenidos por ambos sistemas y los medidos con cámara de ionización son mostrados en la Figura III.3.1. Las discrepancias promedio fueron $0.9\% \pm 1.3\%$, $0.5\% \pm 0.8\%$ y $0.9\% \pm 0.7\%$ para M3D, CC y CR, respectivamente. Las comparaciones entre los valores previos no mostraron relevancia estadística.

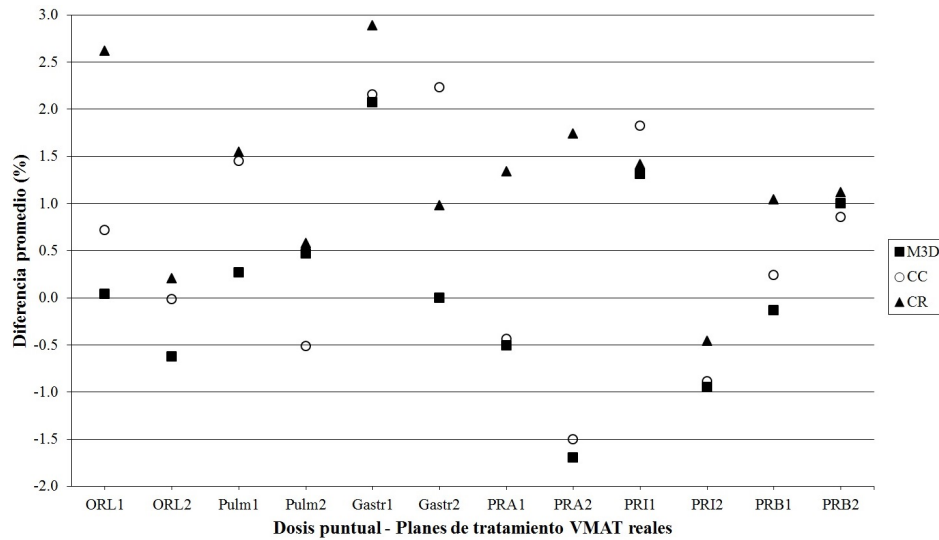
III.3.1.3. Validación con planes de tratamiento VMAT reales

Las medidas de dosis puntual tomadas para cada tratamiento, así como las comparaciones con los resultados derivados de M3D y COMPASS se muestran en la Figura III.3.1. Las discrepancias promedio fueron $0.1\% \pm 1.0\%$, $0.5\% \pm 1.2\%$ y $1.2\% \pm 0.9\%$ para M3D, CC y CR, respectivamente. Los mejores resultados fueron los obtenidos por M3D ($p < 0.01$ para las comparaciones frente a CR). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para otras comparaciones.

Las tasas de paso gamma obtenidas en la comparación de planos de dosis coronales y sagitales medidos con el conjunto MatriXX + MultiCube con aquéllos obtenidos mediante ambos sistemas se muestran en la Tabla III.3.4. Los valores promedio encontrados fueron superiores al 87.0% y 97.9% para los criterios de $2\%/2 \text{ mm}$ y $3\%/3 \text{ mm}$, respectivamente. Las diferencias observadas en las tasas de paso gamma promedio en las comparaciones entre ambos sistemas no ofrecieron diferencias estadísticamente significativas; el mínimo valor p observado fue 0.06 para comparaciones de planos coronales entre M3D y CR, empleando el criterio gamma $3\%/3 \text{ mm}$.



(a) Diferencias para planes estáticos: anterior (AP), laterales (Lats) y 4 campos en caja (Caja); se muestran también los resultados para planes dinámicos del TG-119: MultiTarget (MTarget), próstata de prueba (Próstata), cabeza y cuello de prueba (H&N) y blanco con forma en *C* (CShape).



(b) Diferencias para los 12 planes de tratamiento VMAT reales: 2 de cabeza y cuello (ORL), 2 pulmones (Pulm), 2 gástricos (Gastr), 2 próstatas de alto riesgo (PRA), 2 de riesgo intermedio (PRI) y 2 de bajo riesgo (PRB).

Figura III.3.1: Diferencias relativas entre las medidas adquiridas con cámara de ionización y la dosis extraída por los dos sistemas: Mobius3D (M3D), cálculo COMPASS (CC) y reconstrucción COMPASS (CR).

Tabla III.3.4: Análisis gamma (2%/2 mm y 3%/3 mm, con normalización global referida al máximo de dosis, y con un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo de dosis global) para 12 casos reales: 2 tratamientos de cabeza y cuello, 2 pulmones, 2 gástricos y 6 pélvicos (2 próstatas de cada uno de los estadios habituales: alto, intermedio y bajo riesgo). Las comparaciones fueron realizadas entre planos de dosis coronales y sagitales medidos con el conjunto detector MatriXX + MultiCube y los mismos extraídos mediante Mobius3D, cálculo y reconstrucción con COMPASS.

	Tasas de paso gamma promedio (%)											
	2%/2 mm						3%/3 mm					
	Coronal			Sagital			Coronal			Sagital		
	M3D	CC	CR	M3D	CC	CR	M3D	CC	CR	M3D	CC	CR
ORL 1	90.3	78.7	79.2	83.6	84.1	80.1	97.8	95.6	96.3	98.8	97.5	98.9
ORL 2	87.7	87.9	80.5	94.1	92.4	94.4	97.8	98.8	97.0	99.6	99.5	99.6
Pulmón 1	82.8	82.4	81.9	82.3	80.2	83.7	99.4	98.0	97.5	96.1	97.8	97.3
Pulmón 2	89.3	91.0	87.3	86.4	86.3	89.0	99.4	98.9	98.4	99.0	98.3	99.0
Gástrico 1	88.0	88.6	89.0	93.9	91.0	94.1	99.2	99.3	98.8	99.9	99.3	99.6
Gástrico 2	84.7	82.8	81.2	88.1	86.3	85.4	98.9	97.8	97.2	99.6	98.6	98.4
PRA 1	97.7	81.1	83.8	95.0	89.7	95.3	100.0	95.3	95.4	100.0	99.1	99.5
PRA 2	88.1	86.3	88.0	91.0	90.2	96.8	98.4	98.7	98.0	99.3	99.3	99.6
PRI 1	91.3	92.2	91.0	88.6	90.4	90.1	99.5	99.6	99.5	99.2	99.7	99.8
PRI 2	92.6	97.8	92.6	94.8	93.1	91.7	99.2	99.9	99.5	99.6	98.4	99.8
PRB 1	94.8	94.8	94.1	91.2	94.4	95.9	100.0	99.5	99.9	99.4	99.5	99.7
PRB 2	86.6	94.1	95.3	92.1	94.9	91.2	98.3	99.6	99.5	99.3	99.6	99.5
Valores promedio	89.5±4.2	88.1±6.0	87.0±5.6	90.1±4.3	89.4±4.4	90.6±5.3	99.0±0.7	98.4±1.5	98.1±1.4	99.1±1.0	98.9±0.7	99.2±0.7

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS; ORL: cabeza y cuello; PRA: próstata de alto riesgo; PRI: próstata de riesgo intermedio; PRB: próstata de bajo riesgo.

III.3.2. Implementación clínica de los dos sistemas

III.3.2.1. Implementación clínica con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM

Las diferencias entre el TPS, los cálculos de dosis, así como la reconstrucción, para los parámetros dosimétricos analizados para cada conjunto de estructuras son mostradas en la Tabla III.3.5. Se encontraron diferencias relativamente elevadas para regiones de alta dosis (D_{99} en el conjunto $H\&N$, e igualmente D_{99} en los volúmenes superior e inferior del conjunto *MultiTarget*), así como para el caso de las glándulas parótidas en el caso $H\&N$. Los resultados obtenidos con M3D fueron mejores que los de COMPASS para los parámetros D_{99} y D_{10} en el volumen inferior del conjunto *MultiTarget* ($p = 0.04$ en ambos casos) y para el volumen de médula en el conjunto $H\&N$ ($p = 0.02$). Los resultados de CC fueron mejores que los de M3D para D_{10} en el volumen superior del conjunto *MultiTarget* ($p = 0.02$) y para la parótida derecha ($p = 0.05$), así como mejores que los derivados con CR para D_{20} en $H\&N$ ($p < 0.01$). Las diferencias restantes no fueron estadísticamente significativas. Los mejores y peores valores promedio para todos los parámetros analizados fueron observados para CC y CR, respectivamente.

Las comparaciones de los valores promedio para todos los parámetros de los conjuntos de estructuras propuestos por el TG-119 carecieron de relevancia estadística.

Tabla III.3.5: Comparaciones de los parámetros dosimétricos para los casos de prueba sugeridos por el informe del TG-119 de la AAPM. Los datos presentados se corresponden con valores promedio para haces anteriores, laterales, en caja y VMAT.

		<i>Diferencias promedio (%)</i>			<i>valores p</i>		
		<i>M3D</i>	<i>CC</i>	<i>CR</i>	<i>M3D vs. CC</i>	<i>M3D vs. CR</i>	<i>CC vs. CR</i>
<i>MultiTarget</i>							
Central	D ₉₉	-1.0 ± 4.3	-2.6 ± 1.1	-0.7 ± 5.4	0.46	0.85	0.45
	D ₁₀	-0.5 ± 0.5	-0.1 ± 0.7	-0.4 ± 0.6	0.20	0.53	0.15
Superior	D ₉₉	2.1 ± 7.1	5.5 ± 5.9	1.9 ± 3.3	0.62	0.96	0.14
	D ₁₀	-1.3 ± 1.1	-0.3 ± 0.8	-2.0 ± 1.1	0.02	0.55	0.16
Inferior	D ₉₉	0.0 ± 3.5	6.9 ± 5.6	8.2 ± 6.2	0.21	0.04	0.80
	D ₁₀	0.1 ± 3.3	1.2 ± 3.3	2.0 ± 5.8	0.04	0.25	0.56
<i>Próstata</i>							
Próstata	D ₉₅	-0.4 ± 1.8	-1.7 ± 0.8	-1.3 ± 2.6	0.20	0.38	0.70
	D ₅	-0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.7	0.0 ± 0.5	0.51	0.69	0.23
Recto	D ₃₀	-0.4 ± 3.3	-0.4 ± 0.6	0.9 ± 3.9	0.99	0.17	0.48
	D ₁₀	-0.7 ± 1.8	-0.2 ± 0.4	0.4 ± 1.5	0.72	0.09	0.54
Vejiga	D ₃₀	-0.2 ± 2.0	-0.4 ± 0.8	-2.3 ± 1.9	0.79	0.36	0.23
	D ₁₀	0.2 ± 2.2	0.0 ± 0.4	-1.2 ± 0.9	0.84	0.43	0.14
<i>H&N</i>							
PTV	D ₉₀	0.0 ± 1.3	-0.6 ± 1.0	-0.5 ± 1.5	0.42	0.51	0.78
	D ₉₉	9.2 ± 13	1.2 ± 2.9	14 ± 22	0.21	0.40	0.29
	D ₂₀	-0.6 ± 0.8	-0.4 ± 0.1	-0.8 ± 0.0	0.70	0.62	0.01
Médula	D _{max}	0.0 ± 1.3	0.5 ± 2.8	1.1 ± 1.5	0.56	0.01	0.52
Parótida D	D ₅₀	7.1 ± 5.4	-0.1 ± 2.1	1.6 ± 5.6	0.05	0.13	0.40
Parótida I	D ₅₀	3.7 ± 6.9	0.4 ± 1.6	-0.1 ± 1.5	0.35	0.34	0.37
<i>CShape</i>							
PTV	D ₉₅	0.3 ± 3.3	-0.9 ± 1.3	0.4 ± 4.9	0.31	0.90	0.51
	D ₁₀	0.2 ± 1.6	0.0 ± 0.2	0.4 ± 1.2	0.82	0.58	0.61
Núcleo	D ₁₀	-1.4 ± 1.0	-0.3 ± 1.3	0.0 ± 1.9	0.22	0.33	0.66
		<i>Diferencias promedio para todos los parámetros (%)</i>			<i>valores p para todos los parámetros</i>		
		0.8 ± 4.2	0.4 ± 2.3	1.0 ± 5.8	0.55	0.69	0.34

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

III.3.2.2. Implementación clínica con planes de tratamiento VMAT reales

Los valores para los parámetros dosimétricos descritos previamente en *Material y Métodos* se muestran en la Tabla III.3.6. Considerando todos los parámetros, los valores promedio obtenidos fueron 0.0 % ± 2.3 %, 0.6 % ± 1.1 % y -0.0 % ± 1.6 % para M3D, CC y CR, respectivamente. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las comparaciones entre los dos resultados proporcionados por el

sistema COMPASS ($p = 0.01$). Las diferencias entre M3D y COMPASS no arrojaron resultados estadísticamente significativos.

Las tasas de paso gamma promedio para todas las estructuras son mostradas en la Tabla III.3.7 para los tres criterios descritos anteriormente. Para la tolerancia gamma local, los promedios más bajos fueron obtenidos para CR aplicados a tratamientos de cabeza y cuello y pulmón. Para la tolerancia gamma 2%/2 mm global, los promedios más bajos fueron encontrados para M3D y CR aplicados a tratamientos gástricos y de próstata de alto riesgo, respectivamente. Los resultados obtenidos para CC fueron mejores que los de M3D empleando el criterio gamma global 2%/2 mm; fueron, igualmente, mejores que los resultados de CR para ambos criterios gamma globales, 2%/2 mm y 3%/3 mm ($p < 0.01$ en todos los casos). Las diferencias restantes no fueron estadísticamente significativas.

Las tasas de paso gamma para el volumen anatómico completo fueron extraídas para los doce planes de tratamiento reales analizados, con los criterios previos local y global. Los resultados son mostrados en la Tabla III.3.8. Al analizar el volumen completo, se observaron tasas de paso relativamente bajas. Con el fin de explicar y aclarar estos valores, las Figuras III.3.2 y III.3.3 muestran las distribuciones de gamma 3D para dos casos: dosis calculada por COMPASS para uno de los tratamientos de pulmón y reconstruida por el mismo sistema para uno de los tratamientos de próstata de alto riesgo. Se muestran tales distribuciones para los criterios gamma local 2%/2 mm, gamma global 2%/2 mm y gamma global 3%/3 mm. La aplicación del test gamma 2%/2 mm con normalización local destacó los puntos que no cumplieron con tal criterio, localizados fundamentalmente en las zonas de baja dosis, donde una prueba local podría ser más sensible. Así, las tasas de paso gamma observadas para OARs fueron inferiores a las obtenidas para PTVs cuando se aplicó el criterio local, debido a este efecto. La relajación del criterio local a global (manteniendo la tolerancia 2%/2 mm), condujo a una reducción de los puntos que incumplían el criterio en las regiones de baja dosis, mostrando posibles áreas problemáticas en los volúmenes blanco y regiones circundantes; de esta forma, las tasas de paso gamma totales con la tolerancia 2%/2 mm global fueron superiores al 92 %, excluyendo el segundo tratamiento gástrico obtenido con M3D (81.8 %). La última evolución, permitiendo el criterio 3%/3 mm global, condujo a tasas de paso superiores al 97.6 % en todos los casos.

III.3.3. Aplicación a la patología de próstata

Tal y como se pudo comprobar en el apartado *Material y Métodos*, la aplicación de las métricas dosis - volumen a la patología prostática fue empleada como instrumento en la validación de la introducción de las métricas basadas en parámetros radiobiológicos para la evaluación de tratamientos en el marco de un programa de control de calidad individualizado. Los resultados de este apartado serán descritos, por tanto, en el siguiente capítulo, dedicado a tal materia.

Tabla III.3.6: Diferencias obtenidas para los parámetros dosimétricos (volúmenes blanco y tejido sano) de los 12 planes de tratamiento VMAT reales: 2 de cabeza y cuello, 2 pulmones, 2 gástricos y 6 tratamientos de próstata (alto, intermedio y bajo riesgo).

Diferencias (%)								Diferencias (%)							
		M3D		CC		CR				M3D		CC		CR	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2			P1	P2	P1	P2	P1	P2
ORL								Próstata RA							
PTV	D ₉₈	7.1	5.2	-0.7	0.3	-2.8	7.3	PTV Pr	D ₉₈	0.9	2.3	0.9	1.4	-1.1	-0.1
	D ₂	0.7	-0.7	2.0	-0.5	-0.5	0.5		D ₂	-0.7	0.5	2.9	-0.1	-3.1	-1.0
	D ₅₀	0.1	0.3	0.0	-1.1	-2.2	-0.2		D ₅₀	0.0	1.0	-0.4	0.2	-2.6	-1.6
	D _{med}	1.0	0.7	0.2	-0.7	-2.0	0.5		D _{med}	-0.1	1.1	-0.6	0.3	-2.5	-1.4
Médula	D _{max}	-1.6	-2.7	-5.0	-0.3	-3.1	4.6	PTV VS	D ₉₈	-0.2	1.7	-0.8	0.4	0.2	3.1
Parot D	D _{med}	-5.9	-7.3	1.9	0.5	-1.9	0.9		D ₂	0.3	1.4	-0.6	1.1	-2.6	-0.6
Parot I	D _{med}	-3.2	-8.7	0.1	0.4	-1.4	5.2		D ₅₀	0.9	0.7	-0.3	0.3	-0.4	-1.0
									D _{med}	0.5	1.1	-0.3	0.6	-1.2	-0.2
Pulmón								PTV GLP							
PTV	D ₉₈	4.2	2.8	0.5	0.6	0.3	0.1	Recto	D ₉₈	-0.8	0.2	2.0	1.5	-1.9	-2.1
	D ₂	-1.6	-2.1	-1.2	-1.2	-1.9	-1.8		D ₂	0.7	0.2	-1.0	-0.8	-2.9	-2.2
	D ₅₀	0.3	-0.9	-1.0	-0.6	-1.9	-1.6		D ₅₀	-2.1	-0.9	-0.5	-0.1	-2.7	-1.8
	D _{med}	0.5	-0.6	-0.9	-0.6	-1.7	-1.5		D _{med}	-1.7	-0.8	-0.4	0.0	-2.5	-1.8
Médula	D _{max}	-6.8	3.7	-9.8	0.2	-5.0	5.1	Vejiga	V ₅₀	1.0	3.7	0.7	1.0	2.4	3.8
Corazón	V ₄₆	0.1	0.2	0.1	0.0	-0.3	-0.5		V ₆₀	1.5	3.0	0.5	0.9	1.7	2.9
Pulm D	D _{med}	-12	-0.6	2.7	-0.4	-4.0	-2.5		V ₆₅	1.5	2.7	0.3	0.6	2.1	2.8
									V ₇₀	1.6	2.7	0.4	0.6	1.1	2.3
Pulm I	V ₂₀	0.5	0.3	-0.2	0.6	-0.6	-1.0	Vejiga	V ₇₅	1.5	2.6	0.0	0.6	1.2	2.0
	D _{med}	0.1	0.2	2.4	1.8	0.7	-3.0		D _{med}	0.4	2.9	0.8	1.4	1.1	3.9
	V ₂₀	0.6	0.3	0.0	0.0	-0.1	-0.1		V ₆₅	0.7	1.3	0.4	0.9	-2.0	-2.7
									V ₇₀	0.7	1.5	0.5	1.3	-1.9	-2.6
									V ₇₅	0.5	1.3	0.8	1.4	-2.0	-2.4
									V ₈₀	0.0	0.5	0.2	0.3	-3.1	-1.8
									D _{med}	-1.1	0.3	0.1	0.8	-3.2	-2.7
								C Fem D	D _{max}	2.8	5.1	2.3	4.4	-0.4	2.7
								C Fem I	D _{max}	2.2	4.0	3.0	3.5	-1.6	0.7

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS; Parot: parótida; Pulm: pulmón; RA: riesgo alto; RI: riesgo intermedio; RB: riesgo bajo; Pr: próstata; VS: vesículas seminales; GLP: ganglios linfáticos pélvicos; C Fem: cabeza femoral.

Tabla III.3.7: Tasas de paso gamma promedio con normalización local (2%/2 mm) para el sistema COMPASS, y tasas de paso gamma promedio con normalización global (2%/2 mm y 3%/3 mm, con un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo global de dosis) para los sistemas Mobius3D y COMPASS. Los resultados fueron extraídos para todas las estructuras y localizaciones de los 12 planes de tratamiento VMAT reales.

<i>Tasas de paso gamma promedio (%)</i>						
	<i>ORL</i>	<i>Pulmón</i>	<i>Gástrico</i>	<i>PRA</i>	<i>PRI</i>	<i>PBR</i>
<i>Gamma 2%/2 mm local</i>						
CC	83±14	66±23	72±22	84±13	87±13	82±17
CR	65±13	65±14	78±14	75±20	83±14	83±14
<i>Gamma 2%/2 mm global</i>						
M3D	93±11	91±13	88±17	91.0±9.6	94.6±5.9	95.4±4.7
CC	95.8±6.3	98.0±4.3	98.3±4.6	96.7±3.1	99.8±0.2	99.3±0.9
CR	91±15	92±13	94.7±7.0	86±18	94.8±4.6	95.2±6.1
<i>Gamma 3%/3 mm global</i>						
M3D	98.8±2.3	97.8±4.8	97.5±7.8	99.4±1.3	99.3±1.5	99.9±0.2
CC	98.8±2.6	99.7±0.7	99.7±1.1	99.7±0.6	100±0.0	100±0.1
CR	95.8±7.6	96.0±9.3	93±16	96.4±5.3	97.6±5.0	97.9±3.8

ORL: cabeza y cuello; PRA: próstata de alto riesgo; PRI: próstata de riesgo intermedio; PRB: próstata de bajo riesgo; M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

Tabla III.3.8: Tasas de paso gamma con normalización local (2%/2 mm) para el sistema COMPASS, y tasas de paso gamma con normalización global (2%/2 mm y 3%/3 mm, con un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo global de dosis) para los sistemas Mobius3D y COMPASS. Los resultados fueron extraídos para el volumen completo de los 12 planes de tratamiento VMAT reales.

<i>Tasas de paso gamma totales (%)</i>												
	<i>ORL</i>		<i>Pulmón</i>		<i>Gástrico</i>		<i>PRA</i>		<i>PRI</i>		<i>PBR</i>	
	<i>Pac. 1</i>	<i>Pac. 2</i>	<i>Pac. 1</i>	<i>Pac. 2</i>	<i>Pac. 1</i>	<i>Pac. 2</i>	<i>Pac. 1</i>	<i>Pac. 2</i>	<i>Pac. 1</i>	<i>Pac. 2</i>	<i>Pac. 1</i>	<i>Pac. 2</i>
<i>Gamma 2%/2 mm local</i>												
CC	54.7	36.3	42.1	45.0	35.4	61.0	79.9	68.2	39.4	41.4	44.6	39.5
CR	29.0	18.4	36.0	45.0	46.2	57.1	51.4	56.2	42.6	39.3	43.8	43.2
<i>Gamma 2%/2 mm global</i>												
M3D	92.7	99.1	97.7	97.8	96.5	81.8	94.6	95.7	98.8	98.7	98.4	99.0
CC	98.5	99.9	99.7	99.8	99.8	97.5	97.8	98.4	99.9	100.0	99.8	99.9
CR	93.8	99.3	98.8	97.8	98.1	95.1	93.2	96.9	98.9	96.6	97.6	98.4
<i>Gamma 3%/3 mm global</i>												
M3D	99.6	99.9	99.7	99.9	99.9	97.6	99.7	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0
CC	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	99.8	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0
CR	98.4	99.8	99.8	99.7	99.9	99.3	99.2	99.7	99.9	99.0	99.5	99.8

ORL: cabeza y cuello; PRA: próstata de alto riesgo; PRI: próstata de riesgo intermedio; PRB: próstata de bajo riesgo; M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

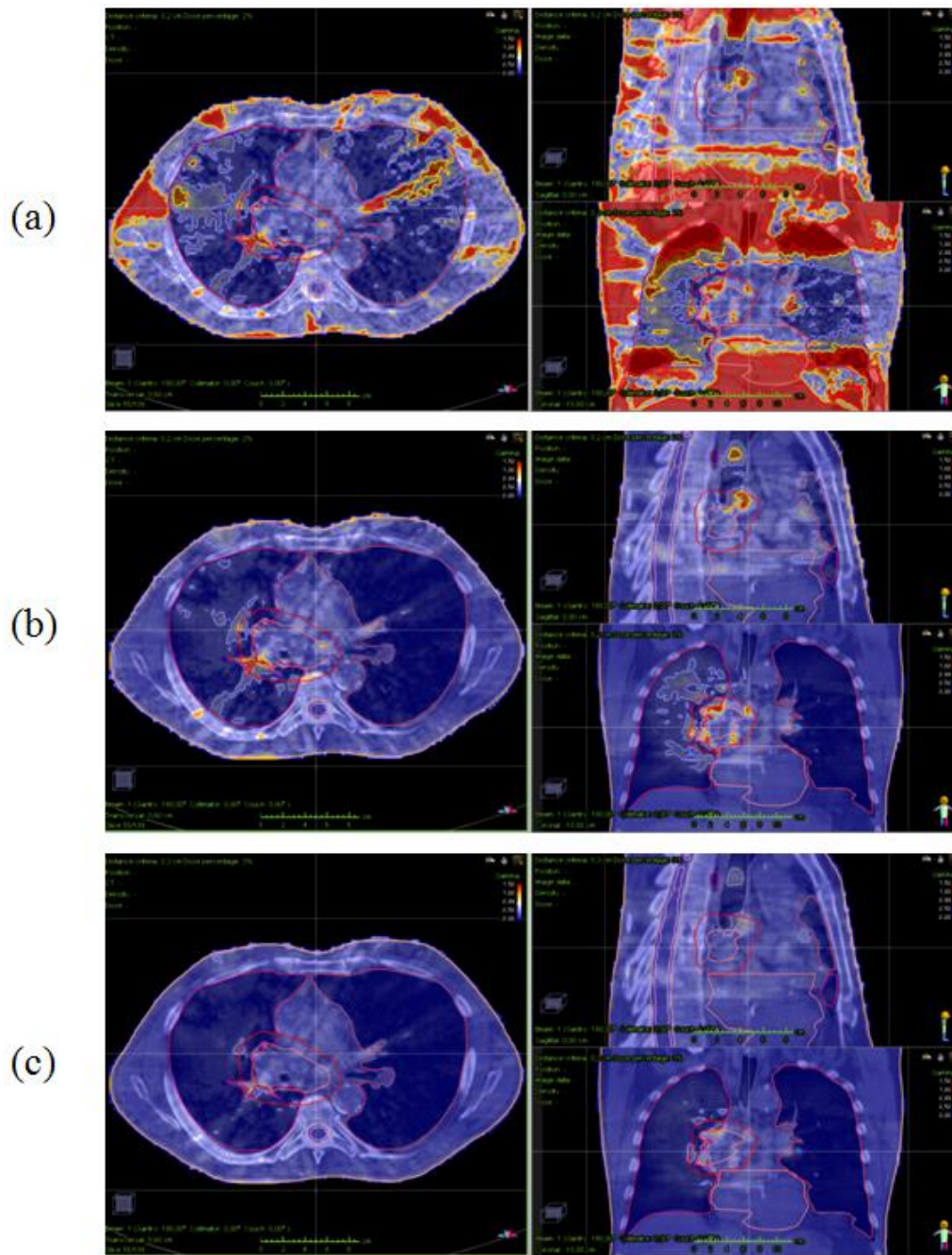


Figura III.3.2: Distribuciones gamma 3D (axial, coronal y sagital) para la dosis de un tratamiento de pulmón calculada con COMPASS, analizada con tres criterios diferentes: (a) 2%/2 mm local, (b) 2%/2 mm global y (c) 3%/3 mm global. Los puntos que incumplen el criterio de la prueba gamma local se encuentran localizados principalmente en las regiones de baja dosis, donde la tolerancia local puede resultar más sensible. Al relajar el criterio gamma de una tolerancia local a global, el número de puntos que incumplen tal criterio gamma en las zonas de baja dosis se vieron reducidos, mostrando áreas problemáticas en los PTVs y regiones adyacentes a los mismos.

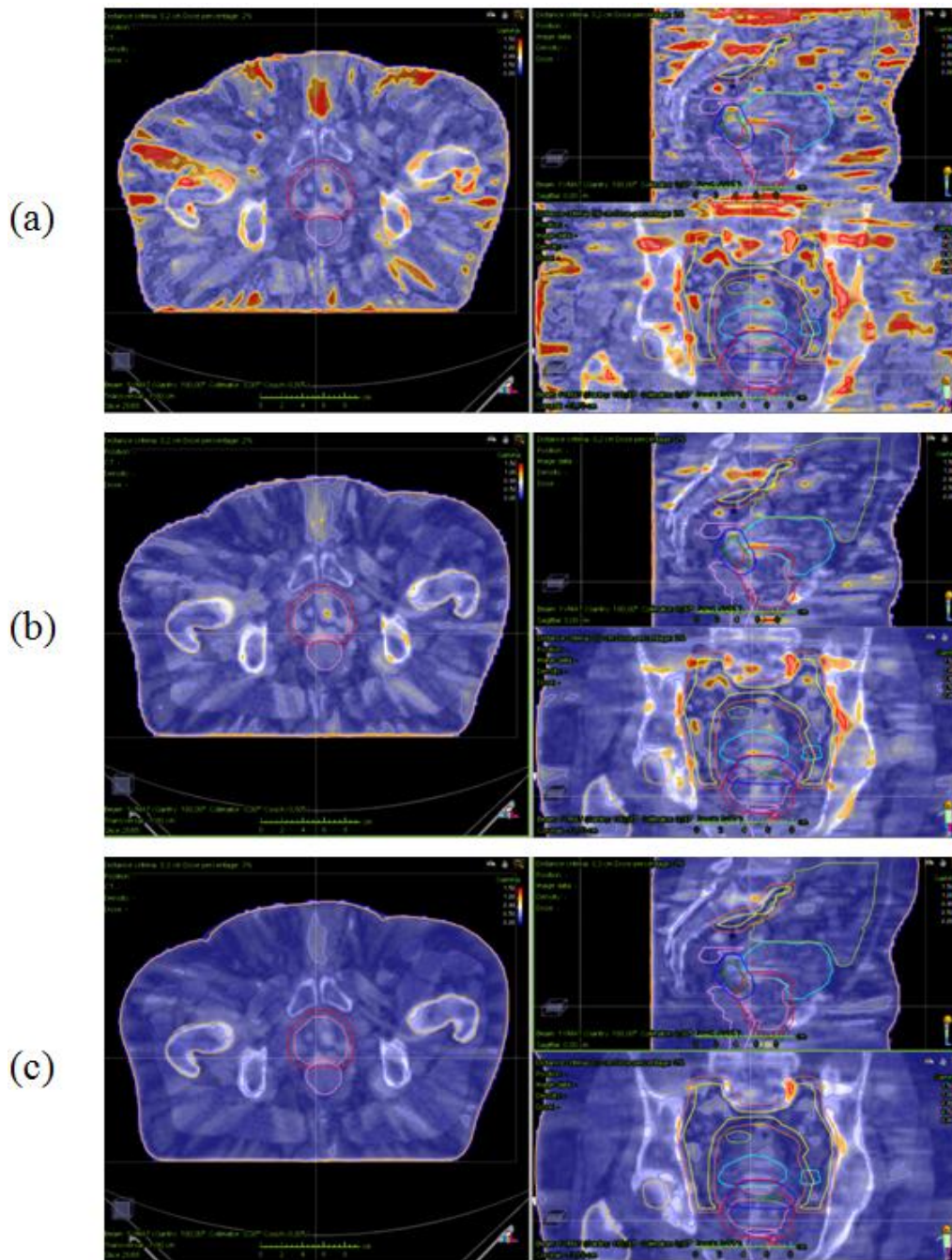


Figura III.3.3: Distribuciones gamma 3D (axial, coronal y sagital) para la dosis de un tratamiento de próstata de alto riesgo reconstruida con COMPASS, analizada con tres criterios diferentes: (a) 2%/2 mm local, (b) 2%/2 mm global y (c) 3%/3 mm global. Los puntos que incumplen el criterio de la prueba gamma local se encuentran localizados principalmente en las regiones periféricas de baja dosis, donde la tolerancia local puede resultar más sensible. La relajación del criterio gamma local a global resultó en una reducción de los puntos problemáticos en tales regiones. Se mantuvieron tasas de paso gamma elevadas para los volúmenes blanco en las pruebas locales y globales.

Capítulo III.4

Introducción de métricas basadas en parámetros radiobiológicos

III.4.1. Verificación de las métricas biológicas empleando los planes de prueba del TG-166 de la AAPM

Las diferencias y comparaciones entre los cálculos de gEUD, TCP y NTCP para el TPS y los resultados obtenidos para Mobius3D y COMPASS para los casos de prueba del TG-166 se muestran en las Tablas III.4.1, III.4.2 y III.4.3, respectivamente. Los DVHs para los casos previos se muestran en las Figuras III.4.1 y III.4.2. Las máximas diferencias para la gEUD fueron encontradas para los casos de oído interno izquierdo y derecho en los cálculos de M3D (8.8 % y 9.3 %, respectivamente). Los resultados de CR fueron mejores que los de M3D y CC para las discrepancias en gEUD. La máxima diferencia para la evaluación de TCP fue encontrada para M3D empleando el modelo de Poisson (-1.3 %). Los resultados de M3D y CR fueron mejores que los de CC. Para la NTCP, la máxima discrepancia se localizó en la dosis reconstruida por COMPASS para la estructura Triángulo 1 del caso *benchmark phantom* (5.3 %). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las comparaciones de NTCP.

III.4.2. Evaluación de tratamientos de próstata empleando métricas clásicas (análisis gamma 3D) y basadas en parámetros dosis - volumen

Las tasas de paso gamma globales para todas las estructuras se recogen en la Tabla III.4.4. Considerando los valores promedio para todas las estructuras, las tasas de paso para M3D fueron peores que las de COMPASS en todos los casos, con la excepción de

los valores para el criterio 3%/3 mm en tratamientos de bajo riesgo (las tasas de paso gamma promedio para todas las estructuras fueron del 99.8 % para los resultados de M3D y CR).

Tabla III.4.1: Comparaciones de los cálculos de gEUD (volúmenes blanco y tejido sano) para los casos de prueba del TG-116, entre los resultados del TPS y los obtenidos mediante Mobius3D y COMPASS.

	Valores del TPS (Gy)	Diferencias (%)		
		M3D	CC	CR
Benchmark phantom				
PTV Rectangular (como PTV)	73.6	-0.8	-0.1	-0.3
PTV Rectangular (como OAR)	56.1	0.7	1.0	0.7
Rectángulo 1 (como PTV)	72.1	-1.2	-0.2	-0.1
Rectángulo 1 (como OAR)	55.7	1.1	-2.2	-2.4
Rectángulo 2	50.1	-0.4	1.4	1.5
Triángulo 1	40.9	2.0	2.6	2.7
H&N				
PTV 70	72.2	0.0	0.0	-1.0
PTV 54	59.4	-1.0	-1.1	-1.7
PTV 50	52.9	-4.2	-0.4	-3.3
Médula	35.5	-0.9	-0.7	-1.1
Parótida I	20.4	0.8	5.2	-2.6
Parótida D	19.9	-3.4	1.6	-5.0
Mandíbula	45.3	6.9	2.4	0.5
Próstata				
PTV	69.7	0.3	0.4	0.7
Recto	42.7	4.1	0.9	4.3
Vejiga	43.1	-1.3	-0.2	-2.6
Cabeza femoral I	13.9	0.1	3.6	1.0
Cabeza femoral D	14.2	-0.5	2.4	1.7
Hueso púbico	39.6	2.8	3.4	-1.9
Cerebral				
GTV 54	56.3	-0.3	0.2	0.0
PTV 50.4	54.5	0.9	0.1	-0.2
Tronco cerebral	41.5	0.3	-0.8	1.1
Quiasma óptico	46.5	-0.8	0.0	-2.5
Ojo I	11.0	0.0	1.6	-7.7
Ojo D	11.1	-0.8	1.6	-2.6
Nervio óptico I	29.5	7.4	1.5	-8.3
Nervio óptico D	33.8	3.2	2.6	-6.0
Oído interno I	35.2	8.8	3.2	5.3
Oído interno D	43.5	9.3	4.0	5.5
		M3D vs. CC	M3D vs. CR	CC vs. CR
Valores p		0.93	< 0.05	< 0.05

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

Tabla III.4.2: Comparaciones de los cálculos de TCP para los casos de prueba del TG-116, entre los resultados del TPS y los obtenidos mediante Mobius3D y COMPASS, empleando los tres modelos descritos previamente (Poisson, sigmoidal y Niemierko).

		Valores del TPS (%)	Diferencias (%)		
			M3D	CC	CR
Benchmark phantom					
PTV Rectangular	TCP Poisson	82.6	-1.3	-0.1	-0.4
	TCP sigmoidal	93.3	-0.9	-0.2	-0.3
	TCP Niemierko	95.3	-0.7	-0.1	-0.2
Rectángulo 1	TCP Poisson	83.7	0.6	1.2	0.9
	TCP sigmoidal	84.4	0.4	1.0	0.8
	TCP Niemierko	82.2	0.6	0.9	0.7
H&N					
PTV 70	TCP Poisson	94.4	0.0	0.0	-0.6
	TCP sigmoidal	95.0	0.0	0.0	-0.5
	TCP Niemierko	95.4	0.0	0.0	-0.4
Próstata					
PTV 70.2	TCP Poisson	98.7	0.1	0.1	0.1
	TCP sigmoidal	84.6	0.2	0.3	0.7
	TCP Niemierko	82.6	0.2	0.2	0.4
Cerebral					
GTV 54	TCP Poisson	98.9	0.0	0.0	0.0
	TCP sigmoidal	97.0	-0.1	0.1	0.0
	TCP Niemierko	93.2	0.0	0.0	0.0
			M3D vs. CC	M3D vs. CR	CC vs. CR
Valores p			< 0.05	0.15	< 0.05

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

Los valores promedio de los parámetros dosimétricos analizados, determinados por el TPS para cada caso de próstata son mostrados en las Tablas III.4.5 y III.4.6. Las diferencias promedio, así como las comparaciones entre los valores previos y los resultados para los mismos parámetros determinados por M3D, CC y CR, son también presentados en dicha tabla. Las mayores discrepancias para volúmenes blanco fueron localizadas para los pacientes de bajo riesgo y lecho reconstruidos por COMPASS ($2.4\% \pm 0.8\%$). Las mayores diferencias observadas en el recto fueron encontradas para la dosis media reconstruida por COMPASS en el caso de pacientes de lecho ($6.2\% \pm 1.3\%$). Para la vejiga, las máximas diferencias se localizaron en los valores de dosis media calculados por Mobius3D para los tratamientos de lecho prostático ($-3.3\% \pm 1.6\%$). Las peores diferencias promedio para cabezas femorales fueron encontradas para los resultados de CR en la cabeza derecha en los pacientes de bajo riesgo ($3.1\% \pm 1.3\%$). Los resultados de CR fueron peores ($p < 0.05$) que los de M3D y CC en un gran número de casos. Se observaron, asimismo, diferencias estadísticamente significativas para las compara-

ciones entre M3D y CC. Las desviaciones fueron mejores para M3D frente a CC en algunos de los casos, y a la inversa. Considerando todos los parámetros, las diferencias promedio fueron $0.5\% \pm 1.9\%$, $0.4\% \pm 1.0\%$ y $1.1\% \pm 2.6\%$ para M3D, CC y CR, respectivamente. Con tal consideración, los resultados de CC y M3D fueron superiores a los de CR; a su vez, los valores de CC fueron mejores que los obtenidos por M3D.

Tabla III.4.3: Comparaciones de los cálculos de NTCP para los casos de prueba del TG-116, entre los resultados del TPS y los obtenidos mediante Mobius3D y COMPASS, empleando los dos modelos descritos previamente (Lyman-Kutcher-Burman y Niemierko).

	<i>NTCP LKB</i>				<i>NTCP Niemierko</i>			
	<i>Diferencias (%)</i>				<i>Diferencias (%)</i>			
	<i>TPS (%)</i>	<i>M3D</i>	<i>CC</i>	<i>CR</i>	<i>TPS (%)</i>	<i>M3D</i>	<i>CC</i>	<i>CR</i>
<i>Benchmark phantom</i>								
PTV Rectangular	19.5	-3.2	-1.1	-0.3	22.4	-2.7	-0.4	-0.2
Rectángulo 1	3.1	0.2	-0.1	-0.2	3.4	0.4	-0.9	-1.0
Rectángulo 2	21.6	-1.0	2.9	3.1	22.6	-1.0	2.8	3.0
Triángulo 1	29.3	4.1	5.0	5.3	30.1	2.9	3.7	3.8
<i>H&N</i>								
Médula	$38.7 \cdot 10^{-2}$	$-3.2 \cdot 10^{-2}$	$-2.4 \cdot 10^{-2}$	$-4.3 \cdot 10^{-2}$	$14.6 \cdot 10^{-2}$	$-1.4 \cdot 10^{-2}$	$-1.0 \cdot 10^{-2}$	$-1.9 \cdot 10^{-2}$
Parótida I	$38.0 \cdot 10^{-2}$	$8.1 \cdot 10^{-2}$	$9.7 \cdot 10^{-2}$	$-8.9 \cdot 10^{-2}$	$7.9 \cdot 10^{-2}$	$0.5 \cdot 10^{-2}$	$2.8 \cdot 10^{-2}$	$-2.0 \cdot 10^{-2}$
Parótida D	$38.3 \cdot 10^{-2}$	$-4.0 \cdot 10^{-2}$	$3.1 \cdot 10^{-2}$	$-8.6 \cdot 10^{-2}$	$6.3 \cdot 10^{-2}$	$-2.2 \cdot 10^{-2}$	$0.8 \cdot 10^{-2}$	$-3.6 \cdot 10^{-2}$
Mandíbula	$3.2 \cdot 10^{-2}$	$2.5 \cdot 10^{-2}$	$1.3 \cdot 10^{-2}$	$0.5 \cdot 10^{-2}$	$32.0 \cdot 10^{-2}$	$18 \cdot 10^{-2}$	$8.2 \cdot 10^{-2}$	$2.1 \cdot 10^{-2}$
<i>Próstata</i>								
Recto	$11.1 \cdot 10^{-2}$	$4.2 \cdot 10^{-2}$	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$4.4 \cdot 10^{-2}$	$4.4 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$	$2.2 \cdot 10^{-3}$
Vejiga	$3.1 \cdot 10^{-12}$	$1.2 \cdot 10^{-12}$	$0.2 \cdot 10^{-12}$	$3.7 \cdot 10^{-12}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$-1.2 \cdot 10^{-3}$	$-0.2 \cdot 10^{-3}$	$-2.6 \cdot 10^{-3}$
Cabeza femoral I	$24.5 \cdot 10^{-11}$	$-5.2 \cdot 10^{-11}$	$6.6 \cdot 10^{-11}$	$0.9 \cdot 10^{-11}$	$18.6 \cdot 10^{-10}$	$0.2 \cdot 10^{-10}$	$8.1 \cdot 10^{-10}$	$2.8 \cdot 10^{-10}$
Cabeza femoral D	$4.0 \cdot 10^{-10}$	$-1.2 \cdot 10^{-10}$	$0.8 \cdot 10^{-10}$	$0.1 \cdot 10^{-10}$	$26.9 \cdot 10^{-10}$	$-2.3 \cdot 10^{-10}$	$8.5 \cdot 10^{-10}$	$6.4 \cdot 10^{-10}$
Hueso púbico	$3.4 \cdot 10^{-3}$	$0.8 \cdot 10^{-3}$	$1.6 \cdot 10^{-3}$	$-1.2 \cdot 10^{-3}$	$3.5 \cdot 10^{-2}$	$1.3 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$-1.3 \cdot 10^{-2}$
<i>Cerebral</i>								
Tronco cerebral	$14.8 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$	$-2.2 \cdot 10^{-2}$	$1.9 \cdot 10^{-2}$	$4.6 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$-4.7 \cdot 10^{-2}$	$5.6 \cdot 10^{-2}$
Quiasma óptico	$10.3 \cdot 10^{-1}$	$-1.1 \cdot 10^{-1}$	$-0.3 \cdot 10^{-1}$	$-4.9 \cdot 10^{-1}$	$17.6 \cdot 10^{-1}$	$-1.7 \cdot 10^{-1}$	$0.0 \cdot 10^{-1}$	$-6.1 \cdot 10^{-1}$
Ojo I	$25.7 \cdot 10^{-5}$	$-2.7 \cdot 10^{-5}$	$0.6 \cdot 10^{-5}$	$-10 \cdot 10^{-5}$	$6.8 \cdot 10^{-5}$	$0.0 \cdot 10^{-5}$	$0.8 \cdot 10^{-5}$	$-6.1 \cdot 10^{-5}$
Ojo D	$36.0 \cdot 10^{-5}$	$-3.0 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$	$-5.6 \cdot 10^{-5}$	$7.2 \cdot 10^{-5}$	$-0.5 \cdot 10^{-5}$	$0.9 \cdot 10^{-5}$	$-1.7 \cdot 10^{-5}$
Nervio óptico I	$2.8 \cdot 10^{-4}$	$2.0 \cdot 10^{-4}$	$0.8 \cdot 10^{-4}$	$-5.7 \cdot 10^{-4}$	$7.7 \cdot 10^{-3}$	$4.4 \cdot 10^{-3}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$	$-14 \cdot 10^{-3}$
Nervio óptico D	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$0.2 \cdot 10^{-3}$	$0.3 \cdot 10^{-3}$	$-2.6 \cdot 10^{-3}$	$3.9 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$-4.3 \cdot 10^{-2}$
Oído Interno I	$1.8 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$1.3 \cdot 10^{-2}$	$13.8 \cdot 10^{-1}$	$6.1 \cdot 10^{-1}$	$2.7 \cdot 10^{-1}$	$4.2 \cdot 10^{-1}$
Oído Interno D	$8.6 \cdot 10^{-1}$	$6.4 \cdot 10^{-1}$	$3.9 \cdot 10^{-1}$	$5.5 \cdot 10^{-1}$	5.8	2.6	1.3	1.7
<i>Valores p</i>								
		<i>M3D vs. CC</i>			<i>M3D vs. CR</i>		<i>CC vs. CR</i>	
		0.11			0.12		0.50	

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

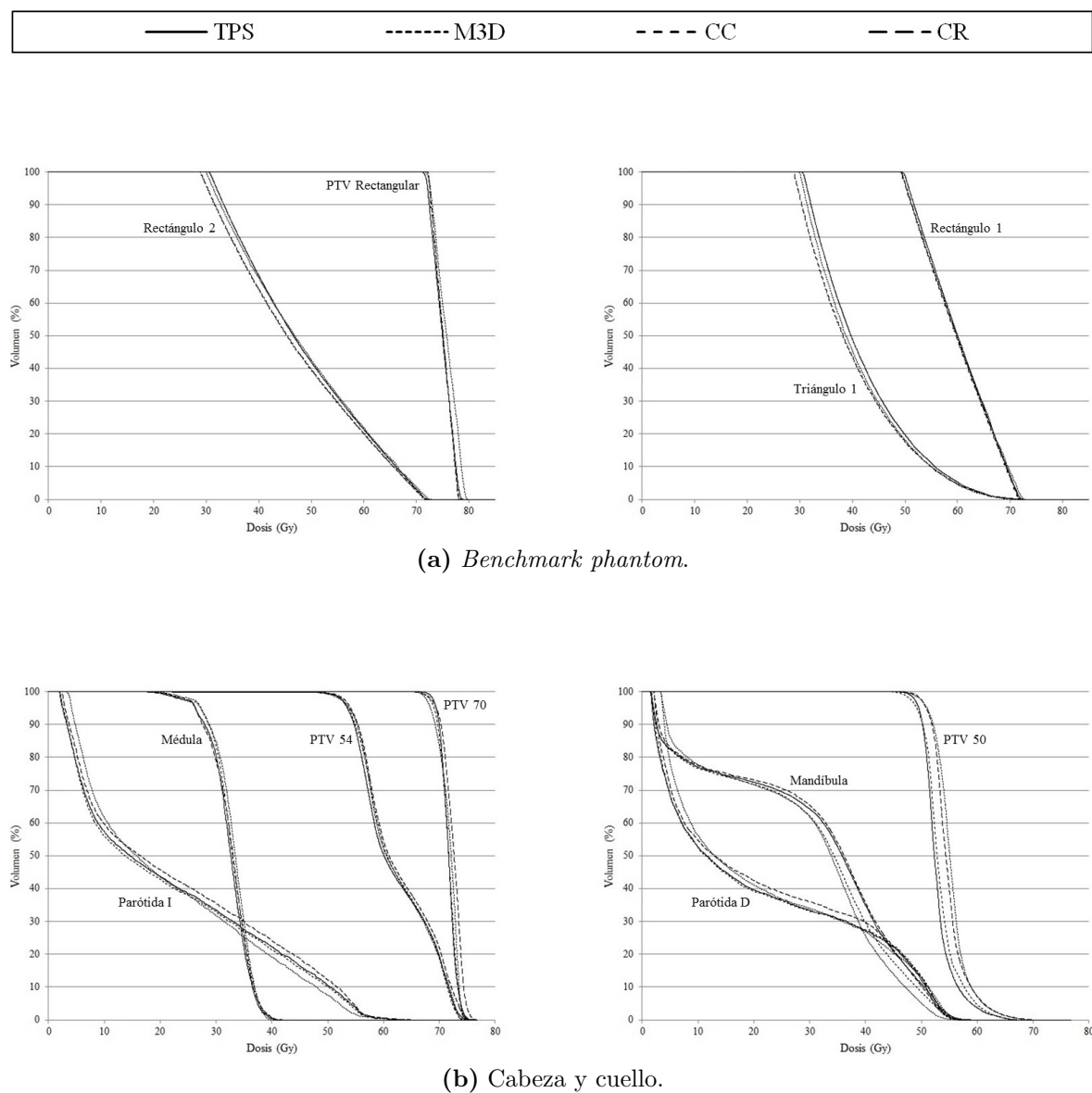


Figura III.4.1: Histogramas dosis - volumen acumulativos extraídos con el TPS, Mobius3D (M3D), cálculo COMPASS (CC) y reconstrucción COMPASS (CR) para dos de los casos de prueba del TG-166 de la AAPM: *benchmark phantom* y cabeza y cuello.

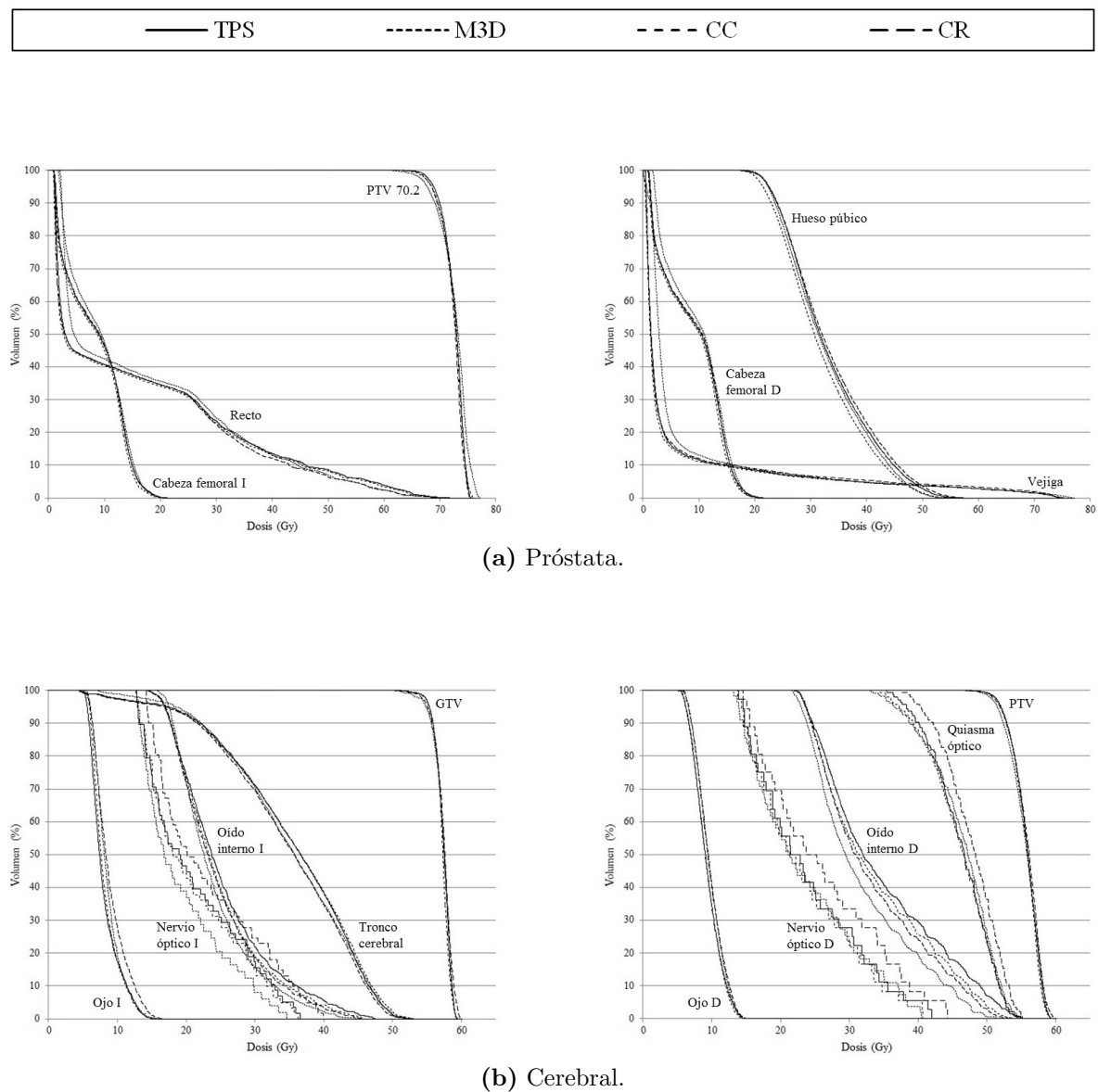


Figura III.4.2: Histogramas dosis - volumen acumulativos extraídos con el TPS, Mobius3D (M3D), cálculo COMPASS (CC) y reconstrucción COMPASS (CR) para dos de los casos de prueba del TG-166 de la AAPM: próstata y cerebral.

Tabla III.4.4: Tasas de paso gamma promedio con normalización global (2 %/2 mm y 3 %/3 mm, con un umbral inferior de dosis situado en el 10 % del máximo global de dosis) para los 100 tratamientos de próstata analizados, 25 de cada grupo descrito anteriormente (riesgo alto, intermedio, bajo y lecho tras prostatectomía).

	<i>Tasas de paso gamma global promedio (%)</i>					
	<i>Gamma 2 %/2 mm</i>			<i>Gamma 3 %/3 mm</i>		
	<i>M3D</i>	<i>CC</i>	<i>CR</i>	<i>M3D</i>	<i>CC</i>	<i>CR</i>
<i>Próstata de alto riesgo</i>						
PTV Próstata	85.4±8.5	93.7±3.4	86±13	98.9±2.9	99.5±0.7	98.3±4.2
PTV VS	95.3±4.7	99.4±1.0	96.2±4.2	99.2±1.9	100.0±0.0	99.8±1.0
PTV GLP	55±13	86.8±4.1	90.9±6.6	88.9±7.8	97.3±1.9	99.4±0.9
Recto	91.2±5.5	99.3±1.1	96.3±4.0	99.2±1.2	99.9±0.3	99.9±0.2
Vejiga	86.7±7.0	98.5±1.8	97.4±5.7	98.1±2.2	99.9±0.2	99.8±0.8
Cabeza femoral I	98.5±1.7	98.2±1.6	97.2±2.4	100.0±0.1	100.0±0.0	100.0±0.1
Cabeza femoral D	97.8±2.5	98.2±1.8	94.7±3.7	100.0±0.0	100.0±0.0	99.9±0.2
Volumen completo	93.5±1.6	97.8±0.8	98.1±1.2	99.3±0.4	99.7±0.2	99.9±0.2
<i>Próstata de riesgo intermedio</i>						
PTV Próstata	92.9±6.9	99.3±1.0	96.3±2.8	99.1±1.5	99.9±0.1	99.7±0.8
PTV VS	91.8±7.5	99.8±0.4	97.2±3.0	99.2±1.9	100.0±0.0	99.9±0.2
Recto	90.1±5.0	99.9±0.1	93.0±4.1	99.7±0.4	100.0±0.0	99.8±0.6
Vejiga	92.2±5.7	99.9±0.1	99.3±1.0	100.0±0.1	100.0±0.0	100.0±0.0
Cabeza femoral I	97.7±4.4	99.7±0.8	95.8±3.8	99.9±0.2	100.0±0.0	99.8±0.6
Cabeza femoral D	97.4±3.9	99.6±1.1	92.9±5.8	99.5±2.1	100.0±0.0	99.5±0.9
Volumen completo	98.7±0.3	99.8±0.9	99.1±1.7	99.9±0.1	99.8±0.9	99.6±1.7
<i>Próstata de bajo riesgo</i>						
PTV Próstata	92.6±5.9	99.5±0.4	96.0±2.8	99.5±1.6	99.9±0.1	99.8±0.4
Recto	92.6±3.8	99.8±0.6	93.7±3.8	99.9±0.4	100.0±0.0	99.9±0.2
Vejiga	86.4±8.7	99.1±1.0	99.4±0.7	100.0±0.0	100.0±0.1	99.9±0.3
Cabeza femoral I	99.0±1.1	99.8±0.5	98.2±2.3	100.0±0.1	100.0±0.0	99.9±0.3
Cabeza femoral D	98.5±1.9	99.6±0.7	96.0±4.1	99.9±0.2	100.0±0.1	99.7±1.2
Volumen completo	98.7±0.4	99.9±0.0	99.5±0.6	100.0±0.1	100.0±0.0	99.9±0.2
<i>Lecho de próstata</i>						
PTV Lecho	87.0±7.8	98.0±0.9	96.2±2.3	98.0±2.1	99.9±0.1	99.8±0.3
Recto	86.9±4.6	99.6±0.9	91.0±5.6	99.2±1.4	100.0±0.0	99.6±0.7
Vejiga	83.5±7.1	99.6±0.3	99.3±1.0	99.8±0.4	100.0±0.0	100.0±0.1
Cabeza femoral I	98.4±1.6	99.7±0.6	96.3±3.1	99.9±0.3	100.0±0.0	99.9±0.3
Cabeza femoral D	98.6±1.3	99.7±0.3	93.7±3.6	100.0±0.1	100.0±0.0	99.6±0.7
Volumen completo	97.7±0.6	99.9±0.0	99.3±0.3	99.9±0.1	100.0±0.0	100.0±0.1

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS; VS: vesículas seminales; GLP: ganglios linfáticos pélvicos.

Tabla III.4.5: Diferencias y comparaciones para los parámetros dosimétricos (volúmenes blanco y OARS) para los tratamientos de próstata analizados, 25 del grupo de alto riesgo y 25 del grupo de riesgo intermedio.

		Valores promedio	Diferencias promedio (%)			Valores p		
		TPS	M3D	CC	CR	M3D vs. CC	M3D vs. CR	CC vs. CR
<i>Próstata de alto riesgo</i>								
PTV Próstata	D ₉₈	78.3 ± 0.6	1.2 ± 1.1	0.2 ± 0.4	0.8 ± 0.8	< 0.05	0.16	< 0.05
	D ₂	85.2 ± 0.5	-0.9 ± 0.8	-1.3 ± 0.6	-1.3 ± 0.6	< 0.05	< 0.05	0.70
	D ₅₀	82.6 ± 0.4	-0.6 ± 0.6	-0.6 ± 0.3	-1.1 ± 0.6	0.92	< 0.05	< 0.05
	D _{med}	82.4 ± 0.4	-0.4 ± 0.6	-0.6 ± 0.3	1.5 ± 12.2	0.13	0.44	0.40
PTV VS	D ₉₈	63.1 ± 1.9	0.1 ± 1.6	-0.2 ± 0.6	1.9 ± 1.4	0.28	< 0.05	< 0.05
	D ₂	84.0 ± 0.7	-0.1 ± 0.8	-0.3 ± 0.6	-0.7 ± 0.9	0.16	< 0.05	< 0.05
	D ₅₀	75.2 ± 3.9	0.4 ± 1.1	0.0 ± 0.5	0.8 ± 1.2	0.06	0.18	< 0.05
	D _{med}	74.8 ± 2.4	0.1 ± 0.9	-0.1 ± 0.4	0.4 ± 0.9	0.39	0.17	< 0.05
PTV GLP	D ₉₈	54.6 ± 0.5	-1.1 ± 1.2	2.3 ± 0.9	-0.1 ± 0.8	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D ₂	67.5 ± 5.6	-0.7 ± 0.9	-1 ± 0.4	-0.9 ± 0.8	0.06	0.30	0.61
	D ₅₀	58.7 ± 0.4	-2.7 ± 0.7	-0.5 ± 0.3	-1.2 ± 0.5	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D _{med}	59.2 ± 1.2	-2.3 ± 0.7	-0.2 ± 0.2	-1.0 ± 0.5	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Recto	V _{45.4}	25.5 ± 5.9	1.3 ± 1.9	0.6 ± 0.8	3.2 ± 1.8	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{54.5}	14.5 ± 5.2	1.9 ± 1.3	0.5 ± 0.4	2.6 ± 1.1	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{59.1}	10.9 ± 4.3	1.8 ± 1.2	0.3 ± 0.3	2.2 ± 0.9	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{63.6}	7.9 ± 3.6	1.8 ± 1.2	0.3 ± 0.3	2.0 ± 0.9	< 0.05	0.24	< 0.05
Vejiga	V _{68.2}	4.4 ± 2.8	1.5 ± 1.4	0.1 ± 0.4	1.5 ± 0.9	< 0.05	0.71	< 0.05
	D _{med}	41.2 ± 2.9	0.6 ± 2.1	1.1 ± 0.9	3.9 ± 1.8	0.16	< 0.05	< 0.05
	V _{59.1}	17.9 ± 6.4	-0.1 ± 0.9	0.3 ± 0.3	-1.0 ± 0.7	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{63.6}	13.3 ± 5.1	0.1 ± 0.7	0.2 ± 0.3	-1.0 ± 0.7	0.27	< 0.05	< 0.05
Vejiga	V _{68.2}	8.3 ± 3.6	0.1 ± 0.8	0.2 ± 0.4	-1.1 ± 0.8	0.69	< 0.05	< 0.05
	V _{72.7}	1.5 ± 1.3	-0.7 ± 1.1	-0.3 ± 0.5	-1.8 ± 1.8	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D _{med}	51 ± 3.2	-1.6 ± 0.9	0.4 ± 0.4	-1.2 ± 0.8	< 0.05	0.13	< 0.05
Cabeza femoral I	D _{max}	46.2 ± 1.5	2.6 ± 2.1	2.9 ± 0.9	2.2 ± 1.2	0.47	0.40	< 0.05
Cabeza femoral D	D _{max}	46.9 ± 1.2	2.3 ± 1.7	2.7 ± 1.0	2.8 ± 1.1	0.19	0.25	0.75
<i>Próstata de riesgo intermedio</i>								
PTV Próstata	D ₉₈	78.5 ± 0.9	1.9 ± 1.3	0.3 ± 0.4	2.3 ± 0.7	< 0.05	0.10	< 0.05
	D ₂	85.0 ± 0.4	0.0 ± 0.6	-0.3 ± 0.3	0.0 ± 0.4	< 0.05	0.59	< 0.05
	D ₅₀	82.8 ± 0.5	0.0 ± 0.6	0.0 ± 0.3	0.1 ± 0.4	0.66	0.66	0.26
	D _{med}	82.5 ± 0.5	0.4 ± 0.9	0.0 ± 0.3	0.2 ± 0.4	< 0.05	0.46	< 0.05
PTV VS	D ₉₈	62.4 ± 1.3	0.0 ± 1.7	-0.3 ± 0.4	1.8 ± 1.2	0.33	< 0.05	< 0.05
	D ₂	83.7 ± 0.7	-0.1 ± 0.8	-0.2 ± 0.3	0.1 ± 0.7	0.69	0.16	0.06
	D ₅₀	73.7 ± 3.6	-0.2 ± 1.1	-0.1 ± 0.4	0.9 ± 1.1	0.42	< 0.05	< 0.05
	D _{med}	73.9 ± 2.2	-0.3 ± 0.9	-0.2 ± 0.4	0.7 ± 0.8	0.27	< 0.05	< 0.05
Recto	V _{45.4}	24.6 ± 6.4	1.5 ± 0.9	0.6 ± 0.4	3.8 ± 0.9	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{54.5}	15.4 ± 4.8	1.9 ± 0.9	0.4 ± 0.4	3.3 ± 0.9	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{59.1}	11.3 ± 4	1.9 ± 0.8	0.4 ± 0.3	2.8 ± 0.9	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{63.6}	8.1 ± 3.3	1.9 ± 0.9	0.3 ± 0.3	2.6 ± 1.0	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Vejiga	V _{68.2}	4.4 ± 2.4	1.6 ± 1.0	0.2 ± 0.4	2.2 ± 1.0	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D _{med}	36.4 ± 3.6	-0.3 ± 1.4	1.1 ± 0.8	5.5 ± 1.5	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{59.1}	13.1 ± 5.8	0.3 ± 0.7	0.3 ± 0.2	-1.2 ± 0.6	0.71	< 0.05	< 0.05
	V _{63.6}	10.2 ± 4.6	0.4 ± 0.7	0.2 ± 0.2	-1.1 ± 0.6	0.08	< 0.05	< 0.05
Vejiga	V _{68.2}	6.8 ± 3.1	0.3 ± 0.7	0.1 ± 0.3	-1.3 ± 0.7	0.08	< 0.05	< 0.05
	V _{72.7}	0.8 ± 0.7	-0.8 ± 0.8	-0.3 ± 0.4	-1.1 ± 0.7	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D _{med}	30.1 ± 8.2	-2.7 ± 2.1	2.1 ± 0.8	-2.0 ± 1.2	< 0.05	0.23	< 0.05
Cabeza femoral I	D _{max}	36.2 ± 4.8	2.0 ± 1.7	2.2 ± 0.8	3.1 ± 1.6	0.50	< 0.05	< 0.05
Cabeza femoral D	D _{max}	36.3 ± 4.9	1.3 ± 1.6	1.9 ± 0.7	2.9 ± 1.3	< 0.05	< 0.05	< 0.05

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS; VS: vesículas seminales; GLP: ganglios linfáticos pélvicos.

Tabla III.4.6: Diferencias y comparaciones para los parámetros dosimétricos (volúmenes blanco y OARS) para los tratamientos de próstata analizados, 25 del grupo de bajo riesgo y 25 del grupo de lecho de próstata.

		Valores promedio TPS	Diferencias promedio (%)			Valores p		
			M3D	CC	CR	M3D vs. CC	M3D vs. CR	CC vs. CR
<i>Próstata de bajo riesgo</i>								
PTV Próstata	D ₉₈	78.6 ± 0.9	2.1 ± 1.5	0.2 ± 0.4	2.4 ± 0.8	< 0.05	0.33	< 0.05
	D ₂	84.9 ± 0.6	-0.2 ± 0.7	-0.3 ± 0.2	0.1 ± 0.5	0.18	0.06	< 0.05
	D ₅₀	82.8 ± 0.6	-0.2 ± 0.5	-0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.4	0.53	< 0.05	< 0.05
	D _{med}	82.5 ± 0.6	0.1 ± 0.6	-0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.4	< 0.05	0.17	< 0.05
Recto	V _{45.4}	22.4 ± 6.4	1.2 ± 0.8	0.5 ± 0.3	3.1 ± 0.7	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{54.5}	15.8 ± 5.1	1.7 ± 0.8	0.4 ± 0.2	2.8 ± 0.7	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{59.1}	12.9 ± 4.6	1.9 ± 0.9	0.4 ± 0.3	2.9 ± 0.9	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{63.6}	9.9 ± 3.9	2.0 ± 0.9	0.4 ± 0.3	2.7 ± 0.9	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{68.2}	6.2 ± 3.0	1.9 ± 1.1	0.2 ± 0.4	2.6 ± 1	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D _{med}	32.6 ± 5.4	-0.5 ± 1.8	1.4 ± 0.6	6.0 ± 1.1	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D _{max}	34.7 ± 4.1	0.5 ± 1.4	1.7 ± 0.7	3.1 ± 1.3	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Vejiga	V _{59.1}	14.6 ± 6.9	0.8 ± 0.7	0.4 ± 0.2	-0.9 ± 0.7	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{63.6}	11.8 ± 5.7	0.8 ± 0.8	0.3 ± 0.2	-0.9 ± 0.6	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{68.2}	8.1 ± 4.2	0.6 ± 0.8	0.2 ± 0.3	-0.9 ± 0.6	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V _{72.7}	1.5 ± 1.2	-0.8 ± 0.9	-0.4 ± 0.4	-0.7 ± 0.9	< 0.05	0.56	0.18
	D _{med}	28.7 ± 9.8	-3.7 ± 3.1	2.5 ± 0.7	-1.5 ± 1.5	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D _{max}	35.2 ± 4.3	1.1 ± 1.6	1.7 ± 0.5	2.2 ± 2.6	0.07	0.07	0.33
	D _{max}	34.7 ± 4.1	0.5 ± 1.4	1.7 ± 0.7	3.1 ± 1.3	< 0.05	< 0.05	< 0.05
<i>Lecho de próstata</i>								
PTV Lecho	D ₉₈	71.0 ± 0.9	2.1 ± 1.5	0.0 ± 0.5	2.4 ± 0.8	< 0.05	0.13	< 0.05
	D ₂	78.1 ± 0.4	0.3 ± 0.7	-0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.5	< 0.05	0.47	< 0.05
	D ₅₀	75.4 ± 0.4	-0.1 ± 0.8	-0.2 ± 0.3	0.0 ± 0.4	0.17	0.53	< 0.05
	D _{med}	75.2 ± 0.4	0.2 ± 0.8	-0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.4	< 0.05	0.91	< 0.05
Recto	V ₅₀	32.0 ± 7.0	2.3 ± 1.2	0.7 ± 0.3	4.3 ± 1.0	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V ₆₀	22.9 ± 5.6	3.2 ± 1.4	0.6 ± 0.5	4.3 ± 1.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V ₆₅	17.8 ± 4.9	3.4 ± 1.6	0.5 ± 0.6	4.2 ± 1.4	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V ₇₀	11.4 ± 3.9	3.3 ± 2.0	0.2 ± 0.9	3.7 ± 1.6	< 0.05	0.08	< 0.05
	V ₇₅	2.4 ± 1.9	1.4 ± 1.4	0.0 ± 1.0	1.4 ± 1.1	< 0.05	0.96	< 0.05
	D _{med}	37.5 ± 5	0.8 ± 1.7	1.3 ± 0.8	6.2 ± 1.3	0.09	< 0.05	< 0.05
	D _{max}	41.5 ± 4.1	2.4 ± 1.7	2.2 ± 1.0	2.6 ± 1.2	0.67	0.37	0.05
Vejiga	V ₆₅	25.6 ± 7.2	-0.1 ± 0.4	0.1 ± 0.1	-1.0 ± 0.7	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V ₇₀	22.1 ± 6.4	-0.2 ± 0.5	0.0 ± 0.2	-1.2 ± 0.7	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	V ₇₅	9.9 ± 4.6	-2.8 ± 2.8	-0.7 ± 1.8	-2.1 ± 2.4	< 0.05	0.11	< 0.05
	V ₈₀	0.0 ± 0.0	-0.2 ± 0.8	-0.1 ± 0.5	0.0 ± 0.0	0.78	0.32	0.31
	D _{med}	35.4 ± 8.0	-3.3 ± 1.6	1.2 ± 0.6	-0.6 ± 1.3	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	D _{max}	41.5 ± 4.1	2.4 ± 1.7	2.2 ± 1.0	2.6 ± 1.2	0.67	0.37	0.05
	D _{max}	41.2 ± 3.4	2.7 ± 1.7	2.4 ± 0.6	2.8 ± 1.4	0.27	0.66	0.09

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

III.4.3. Métricas biológicas aplicadas a tratamientos de próstata

Las discrepancias en los cálculos de gEUD entre el TPS, el cálculo de dosis y la reconstrucción para todos los casos de próstata se recoge en la Tabla III.4.7, tomando los datos de los distintos estudios establecidos previamente. Las mayores diferencias promedio fueron encontradas para la gEUD de recto reconstruida con COMPASS en el caso de los grupos de pacientes de riesgo intermedio y bajo ($4.7\% \pm 1.3\%$). Las diferencias promedio para la glándula prostática fueron, en valor absoluto, inferiores a 1.3% en todos los casos. La discrepancia promedio máxima para vejiga se localizó

en el grupo de pacientes de riesgo intermedio reconstruidos por COMPASS ($-2.5\% \pm 1.3\%$). La peor desviación en el caso de cabezas femorales fue localizada en los casos de riesgo intermedio (cabeza derecha) reconstruidos por COMPASS ($4.2\% \pm 1.4\%$). Los resultados de CC fueron mejores que los de M3D y CR para los valores en la glándula prostática en los tratamientos de bajo riesgo, para todos los valores de recto y para los de vejiga en tratamientos de alto riesgo y lecho. Además, los resultados de CC fueron superiores a los de CR para los valores de próstata en tratamientos de alto riesgo, para los valores de vejiga en los tratamientos de riesgo intermedio y bajo, y para todos los valores de cabezas femorales (con la excepción de los casos de cabeza izquierda en pacientes de alto riesgo). Los resultados de M3D fueron mejores que los de CC y CR para los valores de vejiga en los tratamientos de riesgo intermedio y bajo, así como para todos los valores de cabezas femorales. Asimismo, los resultados de M3D fueron superiores a los de CR para los valores de recto en tratamientos de riesgo intermedio. Finalmente, los resultados de CR fueron mejores que los de M3D para los valores de glándula prostática en pacientes de bajo riesgo, y también superiores a los resultados de CC para los valores de volumen blanco de lecho en estos tratamientos. El resto de las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Las comparaciones de TCP entre el TPS, M3D y COMPASS para todos los modelos descritos previamente se muestran en la Tabla III.4.8. La máxima diferencia promedio se localizó para los valores de alto riesgo reconstruidos por COMPASS, empleando el modelo de Poisson y tomando los valores para los parámetros radiobiológicos del estudio de Cheung *et al.* ($-2.4\% \pm 1.1\%$). Los resultados de CC fueron mejores que los de CR para todos los tratamientos de alto riesgo (exceptuando los obtenidos con el modelo sigmoidal, tomando los valores del estudio de Okunieff *et al.*) y de lecho prostático. Los resultados de CC y CR fueron mejores que los de M3D para todos los valores de bajo riesgo. Además, los resultados de CC fueron superiores a los de M3D empleando el modelo de Niemierko con cualquier conjunto de parámetros, así como usando el modelo sigmoidal con los parámetros de Levegrün *et al.* El resto de diferencias para la TCP no fueron estadísticamente significativas.

Las comparaciones de NTCP entre el TPS y los dos sistemas se muestran en la Tabla III.4.9. La peor diferencia promedio se encontró para los valores de recto reconstruidos por COMPASS en tratamientos de bajo riesgo ($1.5\% \pm 0.5\%$). Las discrepancias para vejiga y cabezas femorales fueron inferiores a 0.1% y 0.01% , respectivamente, para todos los casos. Los resultados de CC fueron superiores a los de CR y M3D para los valores de recto en todos los casos, para los de vejiga en los tratamientos de alto riesgo y lecho de próstata, así como para los casos de riesgo intermedio empleando el modelo de Niemierko. Además, los resultados de CC fueron mejores que los de CR para los valores de cabeza femoral izquierda, y mejores que los de M3D para los valores de vejiga en el caso de los tratamientos de riesgo intermedio empleando el modelo de Niemierko. Los resultados de M3D fueron superiores a los de CC y CR para los mismos casos previos, empleando ambos modelos, LKB y Niemierko. Los resultados de M3D fueron superiores a los de CC para los valores de cabeza femoral izquierda en los tratamientos de alto

riesgo (modelo de Niemierko) y lecho (ambos modelos). Finalmente, los resultados de M3D fueron mejores que los de CR para los valores de recto en tratamientos de riesgo intermedio y bajo, así como para los de lecho tras prostatectomía, para los valores de cabeza femoral derecha empleando ambos modelos, y para los valores de cabeza femoral izquierda usando el modelo de Niemierko en tratamientos de lecho. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para otras comparaciones de NTCP.

Tabla III.4.7: Cálculos y comparaciones de los valores de gEUD para los 100 tratamientos de próstata analizados, 25 de cada grupo descrito anteriormente (riesgo alto, intermedio, bajo y lecho tras prostatectomía).

		<i>Próstata/Lecho</i>	<i>Recto</i>	<i>Vejiga</i>	<i>Cabeza femoral R</i>	<i>Cabeza femoral I</i>
<i>Próstata de alto riesgo</i>						
gEUD promedio (Gy)		83.1 \pm 0.5	57.2 \pm 2.9	52.1 \pm 3.0	27.5 \pm 2.3	26.7 \pm 2.4
Diferencia	M3D	-1.0 \pm 0.7	2.8 \pm 2.0	-1.3 \pm 0.8	1.9 \pm 1.6	2.0 \pm 1.7
promedio (%)	CC	-0.9 \pm 0.4	0.1 \pm 0.7	0.4 \pm 0.6	3.2 \pm 0.7	3.6 \pm 0.7
	CR	-1.3 \pm 0.7	3.2 \pm 1.1	-1.3 \pm 1.0	3.6 \pm 1.0	3.1 \pm 1.3
Valores <i>p</i>	M3D vs. CC	0.40	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	M3D vs. CR	0.12	0.23	0.97	< 0.05	< 0.05
	CC vs. CR	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.07
<i>Próstata de riesgo intermedio</i>						
gEUD promedio (Gy)		83.3 \pm 0.6	57.3 \pm 2.8	37.2 \pm 6.8	21.8 \pm 3.2	21.2 \pm 3.0
Diferencia	M3D	-0.1 \pm 0.6	3.1 \pm 1.6	-0.5 \pm 1.4	1.6 \pm 1.7	1.3 \pm 1.1
promedio (%)	CC	-0.1 \pm 0.3	0.3 \pm 0.7	1.3 \pm 0.7	2.4 \pm 0.7	2.3 \pm 0.8
	CR	0.1 \pm 0.3	4.7 \pm 1.3	-2.5 \pm 1.3	4.2 \pm 1.4	3.6 \pm 1.1
Valores <i>p</i>	M3D vs. CC	0.53	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	M3D vs. CR	0.12	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	CC vs. CR	0.13	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
<i>Próstata de bajo riesgo</i>						
gEUD promedio (Gy)		83.2 \pm 0.7	58.6 \pm 2.4	37.0 \pm 8.0	20.8 \pm 2.8	20.7 \pm 2.9
Diferencia	M3D	-0.3 \pm 0.7	3.4 \pm 2.0	-0.3 \pm 1.8	0.7 \pm 1.2	0.7 \pm 1.3
promedio (%)	CC	-0.1 \pm 0.3	0.5 \pm 0.7	1.4 \pm 0.8	2.0 \pm 0.6	2.0 \pm 0.5
	CR	0.2 \pm 0.5	4.7 \pm 1.3	-1.9 \pm 1.2	3.7 \pm 0.9	2.9 \pm 1.3
Valores <i>p</i>	M3D vs. CC	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	M3D vs. CR	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	CC vs. CR	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
<i>Lecho de próstata</i>						
gEUD promedio (Gy)		75.7 \pm 0.5	58.8 \pm 2.1	44.1 \pm 5.9	23.2 \pm 2.6	23.5 \pm 3.1
Diferencia	M3D	-0.2 \pm 0.9	3.1 \pm 1.7	-1.3 \pm 1.0	1.2 \pm 1.2	1.2 \pm 1.2
promedio (%)	CC	-0.3 \pm 0.5	0.3 \pm 0.9	0.4 \pm 0.9	2.3 \pm 0.6	2.2 \pm 0.7
	CR	0.0 \pm 0.5	3.7 \pm 1.2	-1.2 \pm 1.2	3.9 \pm 1.3	3.7 \pm 1.1
Valores <i>p</i>	M3D vs. CC	0.71	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	M3D vs. CR	0.08	< 0.05	0.75	< 0.05	< 0.05
	CC vs. CR	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

gEUD: dosis equivalente uniforme generalizada; M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

Tabla III.4.8: Cálculos y comparaciones de los valores de TCP para los 100 tratamientos de próstata analizados, 25 de cada grupo descrito anteriormente (riesgo alto, intermedio, bajo y lecho tras prostatectomía), empleando los modelos y conjuntos de parámetros descritos en el texto.

Parámetros	Modelo	Diferencias promedio (%)			Valores p		
		M3D	CC	CR	M3D vs. CC	M3D vs. CR	CC vs. CR
Próstata de alto riesgo							
Cheung	Poisson	-2.0 ± 1.2	-1.6 ± 0.8	-2.4 ± 1.1	0.13	0.19	< 0.05
	Sigmoidal	-1.5 ± 1.2	-1.5 ± 0.8	-1.9 ± 1.2	0.90	0.12	< 0.05
	Niemierko	-1.5 ± 1.0	-1.4 ± 0.6	-1.9 ± 1.0	0.41	0.12	< 0.05
Okunieff	Poisson	(-2.4 ± 1.5)·10 ⁻³	(-1.9 ± 1.0)·10 ⁻³	(-2.8 ± 1.4)·10 ⁻³	0.15	0.19	< 0.05
	Sigmoidal	-0.4 ± 0.3	-0.3 ± 0.2	-0.5 ± 0.3	0.99	0.12	0.06
	Niemierko	-0.3 ± 0.2	-0.3 ± 0.1	-0.4 ± 0.2	0.42	0.12	< 0.05
Levegrün	Poisson	-0.7 ± 0.4	-0.5 ± 0.3	-0.8 ± 0.4	0.14	0.19	< 0.05
	Sigmoidal	-1.3 ± 0.9	-1.2 ± 0.5	-1.6 ± 0.8	0.49	0.12	< 0.05
	Niemierko	-1.3 ± 0.9	-1.1 ± 0.5	-1.6 ± 0.8	0.47	0.12	< 0.05
Próstata de riesgo intermedio							
Cheung	Poisson	(-0.4 ± 2.1)·10 ⁻¹	(0.6 ± 13)·10 ⁻²	(0.5 ± 1.4)·10 ⁻¹	0.21	0.06	0.14
	Sigmoidal	(-1.3 ± 7.4)·10 ⁻¹	(-0.7 ± 3.8)·10 ⁻¹	(0.7 ± 3.8)·10 ⁻¹	0.63	0.19	0.17
	Niemierko	(-1.3 ± 6.7)·10 ⁻¹	(-0.6 ± 3.6)·10 ⁻¹	(0.8 ± 3.6)·10 ⁻¹	0.54	0.13	0.12
Okunieff	Poisson	(-0.3 ± 1.5)·10 ⁻³	(0.5 ± 9.4)·10 ⁻⁴	(0.4 ± 1.0)·10 ⁻³	0.21	0.06	0.14
	Sigmoidal	(-0.4 ± 3.0)·10 ⁻¹	(-0.3 ± 1.8)·10 ⁻¹	(0.1 ± 1.6)·10 ⁻¹	0.77	0.38	0.38
	Niemierko	(-0.4 ± 2.2)·10 ⁻¹	(-0.2 ± 1.1)·10 ⁻¹	(0.3 ± 1.2)·10 ⁻¹	0.53	0.13	0.12
Levegrün	Poisson	(-0.8 ± 4.1)·10 ⁻¹	(0.1 ± 2.6)·10 ⁻¹	(1.0 ± 2.8)·10 ⁻¹	0.21	0.05	0.14
	Sigmoidal	(-1.7 ± 8.4)·10 ⁻¹	(-0.8 ± 4.2)·10 ⁻¹	(1.0 ± 4.5)·10 ⁻¹	0.56	0.14	0.12
	Niemierko	(-1.6 ± 8.4)·10 ⁻¹	(-0.7 ± 4.1)·10 ⁻¹	(1.0 ± 4.5)·10 ⁻¹	0.55	0.14	0.12
Próstata de bajo riesgo							
Cheung	Poisson	(-0.9 ± 2.0)·10 ⁻²	(-4.0 ± 8.1)·10 ⁻³	(0.4 ± 1.7)·10 ⁻²	0.13	< 0.05	< 0.05
	Sigmoidal	(-1.7 ± 4.8)·10 ⁻¹	(-0.6 ± 2.9)·10 ⁻¹	(1.5 ± 3.8)·10 ⁻¹	0.09	< 0.05	< 0.05
	Niemierko	(-1.7 ± 3.6)·10 ⁻¹	(-0.7 ± 1.9)·10 ⁻¹	(1.0 ± 3.0)·10 ⁻¹	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Okunieff	Poisson	(-0.7 ± 1.6)·10 ⁻³	(-3.1 ± 6.2)·10 ⁻⁴	(0.3 ± 1.3)·10 ⁻³	0.13	< 0.05	< 0.05
	Sigmoidal	(-1.0 ± 3.2)·10 ⁻¹	(-0.3 ± 2.1)·10 ⁻¹	(1.0 ± 2.5)·10 ⁻¹	0.12	< 0.05	< 0.05
	Niemierko	(-1.1 ± 2.2)·10 ⁻¹	(-0.5 ± 1.1)·10 ⁻¹	(0.6 ± 1.8)·10 ⁻¹	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Levegrün	Poisson	(-2.0 ± 4.3)·10 ⁻¹	(-0.9 ± 1.7)·10 ⁻¹	(0.9 ± 3.7)·10 ⁻¹	0.12	< 0.05	< 0.05
	Sigmoidal	(-4.0 ± 8.6)·10 ⁻¹	(-1.7 ± 4.4)·10 ⁻¹	(2.4 ± 7.0)·10 ⁻¹	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	Niemierko	(-4.0 ± 8.5)·10 ⁻¹	(-1.7 ± 4.4)·10 ⁻¹	(2.3 ± 7.0)·10 ⁻¹	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Lecho de próstata							
King	Poisson	-0.3 ± 1.6	(-3.5 ± 7.2)·10 ⁻¹	(0.3 ± 8.0)·10 ⁻¹	0.73	0.23	< 0.05
	Sigmoidal	-0.3 ± 1.5	(-4.3 ± 8.0)·10 ⁻¹	(0.5 ± 8.2)·10 ⁻¹	0.65	0.09	< 0.05
	Niemierko	-0.3 ± 1.5	(-4.4 ± 7.7)·10 ⁻¹	(0.4 ± 8.1)·10 ⁻¹	0.68	0.10	< 0.05
Okunieff	Poisson	(-0.2 ± 1.5)·10 ⁻²	(-3.1 ± 6.5)·10 ⁻³	(0.3 ± 7.3)·10 ⁻³	0.71	0.24	< 0.05
	Sigmoidal	(-0.9 ± 5.2)·10 ⁻¹	(-1.3 ± 3.5)·10 ⁻¹	(0.4 ± 3.3)·10 ⁻¹	0.62	0.08	< 0.05
	Niemierko	(-0.9 ± 3.8)·10 ⁻¹	(-1.1 ± 2.0)·10 ⁻¹	(0.1 ± 2.0)·10 ⁻¹	0.70	0.09	< 0.05
Levegrün	Poisson	-0.6 ± 3.4	-0.8 ± 1.5	0.1 ± 1.7	0.75	0.21	< 0.05
	Sigmoidal	-0.5 ± 2.0	-0.6 ± 1.1	0.1 ± 1.1	0.66	0.09	< 0.05
	Niemierko	-0.5 ± 2.1	-0.6 ± 1.1	0.1 ± 1.1	0.69	0.09	< 0.05

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

Tabla III.4.9: Cálculos y comparaciones de los valores de NTCP para los 100 tratamientos de próstata analizados, 25 de cada grupo descrito anteriormente (riesgo alto, intermedio, bajo y lecho tras prostatectomía), empleando los modelos y conjuntos de parámetros descritos en el texto.

Volumen	Modelo	Diferencias promedio (%)			Valores p		
		M3D	CC	CR	M3D vs. CC	M3D vs. CR	CC vs. CR
Próstata de alto riesgo							
Recto	LKB	$(8.7 \pm 8.7) \cdot 10^{-1}$	$(0.3 \pm 2.6) \cdot 10^{-1}$	$(9.1 \pm 5.0) \cdot 10^{-1}$	< 0.05	0.68	< 0.05
	Niemierko	$(2.4 \pm 3.5) \cdot 10^{-1}$	$(0.5 \pm 8.9) \cdot 10^{-2}$	$(2.4 \pm 2.2) \cdot 10^{-1}$	< 0.05	0.97	< 0.05
Vejiga	LKB	$(-3.7 \pm 5.2) \cdot 10^{-2}$	$(0.9 \pm 1.4) \cdot 10^{-2}$	$(-2.8 \pm 3.2) \cdot 10^{-2}$	< 0.05	0.49	< 0.05
	Niemierko	$(-3.4 \pm 4.2) \cdot 10^{-2}$	$(0.9 \pm 1.3) \cdot 10^{-2}$	$(-2.7 \pm 3.0) \cdot 10^{-2}$	< 0.05	0.55	< 0.05
Cabeza femoral I	LKB	$(0.6 \pm 2.0) \cdot 10^{-4}$	$(0.9 \pm 2.5) \cdot 10^{-4}$	$(3.7 \pm 8.2) \cdot 10^{-5}$	0.06	0.48	0.23
	Niemierko	$(0.6 \pm 1.7) \cdot 10^{-4}$	$(0.9 \pm 2.2) \cdot 10^{-4}$	$(4.1 \pm 7.6) \cdot 10^{-5}$	< 0.05	0.54	0.22
Cabeza femoral D	LKB	$(1.5 \pm 6.1) \cdot 10^{-4}$	$(1.3 \pm 4.0) \cdot 10^{-4}$	$(1.0 \pm 2.4) \cdot 10^{-4}$	0.65	0.55	0.45
	Niemierko	$(1.3 \pm 4.8) \cdot 10^{-4}$	$(1.2 \pm 3.0) \cdot 10^{-4}$	$(1.0 \pm 1.9) \cdot 10^{-4}$	0.76	0.64	0.50
Próstata de riesgo intermedio							
Recto	LKB	$(8.6 \pm 5.1) \cdot 10^{-1}$	$(0.9 \pm 2.0) \cdot 10^{-1}$	1.2 ± 0.6	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	Niemierko	$(2.2 \pm 1.9) \cdot 10^{-1}$	$(2.4 \pm 5.8) \cdot 10^{-2}$	$(3.1 \pm 2.3) \cdot 10^{-1}$	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Vejiga	LKB	$(-0.1 \pm 1.5) \cdot 10^{-3}$	$(0.4 \pm 1.5) \cdot 10^{-3}$	$(-1.2 \pm 3.2) \cdot 10^{-3}$	< 0.05	0.14	0.08
	Niemierko	$(-0.2 \pm 2.1) \cdot 10^{-3}$	$(0.7 \pm 1.9) \cdot 10^{-3}$	$(-1.9 \pm 4.1) \cdot 10^{-3}$	< 0.05	0.08	< 0.05
Cabeza femoral I	LKB	$(2.0 \pm 6.2) \cdot 10^{-6}$	$(2.6 \pm 7.2) \cdot 10^{-6}$	$(3.4 \pm 8.6) \cdot 10^{-6}$	< 0.05	< 0.05	0.05
	Niemierko	$(2.7 \pm 8.1) \cdot 10^{-6}$	$(3.6 \pm 9.4) \cdot 10^{-6}$	$(0.5 \pm 1.1) \cdot 10^{-5}$	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Cabeza femoral D	LKB	$(2.9 \pm 6.3) \cdot 10^{-6}$	$(0.5 \pm 1.2) \cdot 10^{-5}$	$(0.8 \pm 2.3) \cdot 10^{-5}$	0.15	0.14	0.14
	Niemierko	$(3.7 \pm 7.8) \cdot 10^{-6}$	$(0.6 \pm 1.4) \cdot 10^{-5}$	$(1.0 \pm 2.7) \cdot 10^{-5}$	0.12	0.12	0.12
Próstata de bajo riesgo							
Recto	LKB	1.1 ± 0.7	$(1.5 \pm 2.9) \cdot 10^{-1}$	1.5 ± 0.5	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	Niemierko	$(3.1 \pm 3.6) \cdot 10^{-1}$	$(0.5 \pm 1.2) \cdot 10^{-1}$	$(4.0 \pm 3.1) \cdot 10^{-1}$	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Vejiga	LKB	$(1.5 \pm 7.1) \cdot 10^{-3}$	$(1.6 \pm 5.7) \cdot 10^{-3}$	$(-2.0 \pm 5.5) \cdot 10^{-3}$	0.87	0.15	0.11
	Niemierko	$(1.7 \pm 8.2) \cdot 10^{-3}$	$(2.1 \pm 6.4) \cdot 10^{-3}$	$(-2.7 \pm 6.3) \cdot 10^{-3}$	0.41	0.12	0.06
Cabeza femoral I	LKB	$(0.3 \pm 1.1) \cdot 10^{-5}$	$(2.5 \pm 9.1) \cdot 10^{-6}$	$(0.3 \pm 1.0) \cdot 10^{-5}$	0.71	0.49	0.12
	Niemierko	$(0.3 \pm 1.3) \cdot 10^{-5}$	$(0.3 \pm 1.1) \cdot 10^{-5}$	$(0.4 \pm 1.2) \cdot 10^{-5}$	0.85	0.35	0.12
Cabeza femoral D	LKB	$(1.9 \pm 8.5) \cdot 10^{-6}$	$(2.0 \pm 6.9) \cdot 10^{-6}$	$(0.3 \pm 1.3) \cdot 10^{-5}$	0.88	0.09	0.23
	Niemierko	$(0.2 \pm 1.0) \cdot 10^{-5}$	$(2.6 \pm 8.5) \cdot 10^{-6}$	$(0.4 \pm 1.6) \cdot 10^{-5}$	0.70	0.07	0.21
Lecho de próstata							
Recto	LKB	1.1 ± 0.6	$(1.1 \pm 3.8) \cdot 10^{-1}$	1.3 ± 0.6	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	Niemierko	$(2.9 \pm 1.8) \cdot 10^{-1}$	$(0.3 \pm 1.2) \cdot 10^{-1}$	$(3.6 \pm 2.1) \cdot 10^{-1}$	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Vejiga	LKB	$(-3.3 \pm 7.5) \cdot 10^{-3}$	$(1.8 \pm 5.1) \cdot 10^{-3}$	$(-0.4 \pm 1.1) \cdot 10^{-2}$	< 0.05	0.76	< 0.05
	Niemierko	$(-4.2 \pm 8.3) \cdot 10^{-3}$	$(2.2 \pm 5.5) \cdot 10^{-3}$	$(-0.5 \pm 1.2) \cdot 10^{-2}$	< 0.05	0.71	< 0.05
Cabeza femoral I	LKB	$(0.6 \pm 2.3) \cdot 10^{-5}$	$(1.0 \pm 2.7) \cdot 10^{-5}$	$(1.5 \pm 4.7) \cdot 10^{-5}$	< 0.05	0.08	0.22
	Niemierko	$(0.7 \pm 2.3) \cdot 10^{-5}$	$(1.1 \pm 2.7) \cdot 10^{-5}$	$(1.7 \pm 4.8) \cdot 10^{-5}$	< 0.05	< 0.05	0.19
Cabeza femoral D	LKB	$(1.6 \pm 3.1) \cdot 10^{-6}$	$(0.6 \pm 1.8) \cdot 10^{-5}$	$(5.0 \pm 7.2) \cdot 10^{-6}$	0.20	< 0.05	0.65
	Niemierko	$(2.3 \pm 4.3) \cdot 10^{-6}$	$(0.8 \pm 1.9) \cdot 10^{-5}$	$(7.0 \pm 9.2) \cdot 10^{-6}$	0.17	< 0.05	0.80

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS; LKB: Lyman-Kutcher-Burman.

La correlación entre los cambios en los parámetros de los DVHs y los correspondientes cambios en las respuestas radiobiológicas se recoge en las Tablas III.4.10 y III.4.11 para volúmenes blanco y tejido sano, respectivamente. Los valores de los DVHs seleccionados para volúmenes de próstata fueron D_{98} , D_2 y D_{50} . La correlación osciló entre moderada ($r > 0.500$) y fuerte ($r > 0.700$) para las comparaciones de gEUD, si bien los resultados de CC parecieron mostrar una correlación más débil ($r < 0.500$). Para OARs, los parámetros dosis - volumen seleccionados fueron V_{70} y D_{med} para recto y vejiga, y D_{max} para cabezas femorales. Para la gEUD, se observó una correlación de moderada a fuerte, aunque algunos resultados exhibieron una correlación más débil

(resultados de CC y CR para recto y vejiga). Los resultados de NTCP parecieron mostrar una correlación más intensa para el modelo LKB frente al de Niemierko en el caso de recto. La correlación fue más débil para D_{med} comparada con los valores de V_{70} para vejiga. Los casos de bajo riesgo exhibieron una correlación más fuerte para los resultados de NTCP en vejiga comparados con los otros casos. Las cabezas femorales no mostraron correlación con ninguno de los resultados (LKB y Niemierko).

Tabla III.4.10: Coeficientes de correlación de Pearson derivados de la comparación de gEUD y TCP para los volúmenes blanco de próstata/lecho. Las métricas dosis - volumen seleccionadas son D_{98} , D_2 y D_{50} .

		Parámetros de Cheung/King				Parámetros de Okunieff			Parámetros de Levegrün		
		TCP	TCP	TCP		TCP	TCP	TCP	TCP	TCP	TCP
		<i>gEUD</i>	Poisson	sigmoidal		Niemierko	Poisson	sigmoidal	Niemierko	Poisson	sigmoidal
Próstata de alto riesgo											
D ₉₈	M3D	0.582	0.599	0.527	0.581	0.593	0.516	0.581	0.595	0.579	0.579
	CC	0.335	0.396	0.254	0.336	0.393	0.242	0.337	0.394	0.338	0.340
	CR	0.339	0.469	0.242	0.344	0.471	0.227	0.346	0.470	0.353	0.356
D ₂	M3D	0.847	0.721	0.799	0.841	0.704	0.786	0.838	0.709	0.823	0.818
	CC	0.368	0.063	0.348	0.358	0.046	0.337	0.354	0.051	0.340	0.327
	CR	0.752	0.630	0.650	0.747	0.614	0.627	0.745	0.619	0.732	0.727
D ₅₀	M3D	0.917	0.889	0.863	0.916	0.879	0.852	0.916	0.882	0.913	0.912
	CC	0.783	0.886	0.645	0.786	0.880	0.624	0.787	0.882	0.788	0.793
	CR	0.883	0.835	0.736	0.880	0.817	0.708	0.880	0.823	0.869	0.868
Próstata de riesgo intermedio											
D ₉₈	M3D	0.593	0.596	0.574	0.590	0.596	0.529	0.591	0.597	0.589	0.589
	CC	0.476	0.664	0.389	0.486	0.662	0.211	0.481	0.667	0.480	0.489
	CR	0.246	0.463	0.220	0.276	0.464	0.074	0.260	0.461	0.280	0.287
D ₂	M3D	0.749	0.752	0.694	0.734	0.750	0.593	0.741	0.753	0.731	0.729
	CC	0.409	0.370	0.352	0.406	0.367	0.230	0.408	0.373	0.405	0.404
	CR	0.662	0.651	0.582	0.655	0.648	0.364	0.659	0.655	0.653	0.652
D ₅₀	M3D	0.846	0.877	0.811	0.843	0.877	0.724	0.845	0.878	0.842	0.842
	CC	0.641	0.863	0.536	0.656	0.860	0.308	0.648	0.866	0.652	0.661
	CR	0.764	0.934	0.671	0.776	0.932	0.382	0.770	0.935	0.775	0.780
Próstata de bajo riesgo											
D ₉₈	M3D	0.559	0.585	0.466	0.555	0.585	0.435	0.556	0.590	0.547	0.549
	CC	0.415	0.541	0.337	0.415	0.541	0.315	0.416	0.541	0.409	0.414
	CR	0.549	0.646	0.464	0.556	0.646	0.425	0.554	0.646	0.558	0.562
D ₂	M3D	0.701	0.691	0.626	0.700	0.691	0.596	0.700	0.694	0.698	0.697
	CC	0.402	0.539	0.281	0.397	0.539	0.249	0.398	0.539	0.389	0.392
	CR	0.700	0.758	0.590	0.703	0.758	0.540	0.702	0.758	0.703	0.705
D ₅₀	M3D	0.853	0.858	0.756	0.851	0.857	0.719	0.852	0.862	0.846	0.846
	CC	0.530	0.882	0.320	0.531	0.882	0.262	0.531	0.882	0.525	0.532
	CR	0.856	0.956	0.711	0.860	0.955	0.648	0.859	0.957	0.861	0.864
Lecho de próstata											
D ₉₈	M3D	0.848	0.885	0.833	0.850	0.883	0.740	0.849	0.888	0.840	0.850
	CC	0.484	0.563	0.425	0.472	0.556	0.260	0.479	0.573	0.447	0.475
	CR	0.535	0.614	0.525	0.543	0.616	0.441	0.539	0.610	0.531	0.541
D ₂	M3D	0.660	0.655	0.634	0.652	0.650	0.533	0.657	0.663	0.644	0.654
	CC	0.382	0.465	0.340	0.380	0.460	0.188	0.382	0.472	0.358	0.381
	CR	0.591	0.706	0.544	0.595	0.701	0.316	0.593	0.712	0.567	0.594
D ₅₀	M3D	0.926	0.944	0.907	0.925	0.941	0.806	0.926	0.949	0.915	0.926
	CC	0.715	0.876	0.654	0.718	0.870	0.424	0.717	0.882	0.682	0.718
	CR	0.796	0.900	0.751	0.800	0.895	0.526	0.798	0.904	0.773	0.799

M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

Tabla III.4.11: Coeficientes de correlación de Pearson derivados de la comparación de gEUD y NTCP para OARs. Las métricas dosis - volumen seleccionadas son V_{70} y D_{med} para recto y vejiga, y D_{max} para cabezas femorales.

	Próstata alto riesgo						Próstata bajo riesgo						Lecho próstata					
	NTCP			NTCP			NTCP			NTCP			NTCP			NTCP		
	gEUD	LKB	Niemierko	gEUD	LKB	Niemierko	gEUD	LKB	Niemierko	gEUD	LKB	Niemierko	gEUD	LKB	Niemierko	gEUD	LKB	Niemierko
V_{70}	M3D	0.820	0.944	0.847	0.603	0.893	0.795	0.502	0.889	0.766	0.839	0.938	0.804					
	CC	0.769	0.788	0.741	0.655	0.733	0.720	0.418	0.489	0.470	0.826	0.820	0.781					
	CR	0.397	0.915	0.796	0.165	0.893	0.866	0.017	0.881	0.784	0.680	0.906	0.823					
	M3D	0.881	0.859	0.729	0.777	0.564	0.351	0.506	0.775	0.608	0.743	0.736	0.600					
	CC	0.729	0.603	0.514	0.765	0.653	0.504	0.778	0.575	0.344	0.578	0.493	0.438					
	CR	0.706	0.666	0.470	0.672	0.492	0.335	0.707	0.269	0.132	0.620	0.189	0.002					
<i>Recto</i>																		
V_{70}	M3D	0.777	0.639	0.662	0.643	0.206	0.266	0.748	0.815	0.816	0.594	0.616	0.594					
	CC	0.163	0.142	0.162	0.114	0.160	0.189	0.196	0.578	0.607	0.445	0.097	0.445					
	CR	0.735	0.641	0.668	0.505	0.379	0.480	0.587	0.518	0.581	0.719	0.542	0.719					
	M3D	0.853	0.462	0.497	0.522	0.130	0.143	0.820	0.452	0.455	0.664	-0.160	-0.153					
	CC	0.449	0.158	0.210	0.424	-0.306	-0.335	0.416	-0.342	-0.374	0.397	-0.098	-0.072					
	CR	0.825	0.557	0.594	0.748	-0.027	0.056	0.751	0.298	0.336	0.723	0.389	0.418					
<i>Vejiga</i>																		
D_{max}	M3D	0.847	0.104	0.115	0.418	0.351	0.350	0.693	0.190	0.190	0.689	-0.171	-0.155					
	CC	0.675	0.022	0.030	0.421	0.483	0.478	0.432	-0.085	-0.084	0.704	-0.184	-0.167					
	CR	0.851	-0.338	-0.288	0.319	0.285	0.280	0.844	-0.122	-0.120	0.637	-0.309	-0.311					
<i>Cabeza femoral izquierda</i>																		
D_{max}	M3D	0.901	0.067	0.091	0.552	0.139	0.190	0.496	0.077	0.078	0.745	0.183	0.203					
	CC	0.705	0.066	0.072	0.589	-0.048	-0.017	0.376	-0.198	-0.181	0.524	0.057	0.067					
	CR	0.815	0.049	0.070	0.531	-0.160	-0.143	0.507	-0.174	-0.176	0.723	-0.313	-0.287					
<i>Cabeza femoral derecha</i>																		
D_{max}	M3D	0.901	0.067	0.091	0.552	0.139	0.190	0.496	0.077	0.078	0.745	0.183	0.203					
	CC	0.705	0.066	0.072	0.589	-0.048	-0.017	0.376	-0.198	-0.181	0.524	0.057	0.067					
	CR	0.815	0.049	0.070	0.531	-0.160	-0.143	0.507	-0.174	-0.176	0.723	-0.313	-0.287					

LKB: Lyman-Kutcher-Burman; M3D: Mobius3D; CC: cálculo de dosis con COMPASS; CR: reconstrucción de dosis con COMPASS.

IV

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Capítulo IV.1

Discusión

IV.1.1. Validación de la técnica VMAT y aplicación al tratamiento de próstata

Homogeneidad y simetría del haz

La estabilidad del haz durante la irradiación fue confirmada para tasas de dosis comprendidas entre 600 UM/min y 75 UM/min. La geometría del haz resultó, asimismo, satisfactoria para la tasa de dosis de 37 UM/min, aunque la irradiación a algunos ángulos con dicha tasa condujo a valores más degenerados que los obtenidos para tasas superiores, por lo que se pudo concluir que la tasa de dosis inferior debería emplearse únicamente en pequeñas fracciones del tratamiento total.

Dependencia angular de la dosis

Los resultados obtenidos para la constancia del factor de calibración con el giro de *gantry* fueron compatibles con las tolerancias establecidas, así como con las medidas adquiridas mediante cámara de ionización Farmer. Asimismo, se estableció un método sencillo para la determinación de las posibles variaciones en el factor de calibración, mediante el empleo del equipo de medidas diarias. La sencillez de la prueba permitió su inclusión dentro de un programa de control de calidad habitual en las técnicas volumétricas.

Verificación del MLC dinámico

En la línea de la discusión expuesta en la sección II.1.3.1, los resultados fueron presentados cualitativa y esquemáticamente. La consideración del estudio es tal que el resto de los procedimientos de control de calidad descritos en el grueso del texto, que constituyeron el verdadero núcleo del presente trabajo, permitieron superar o, al menos, englobar estos procesos de QA independientes. Sin embargo, resultó imprescindible en el marco del desarrollo del estudio presentar, incluso someramente, tales resultados, puesto que quedan englobados dentro del marco de un programa de garantía de calidad

de técnicas volumétricas, asociados al estado del MLC dinámico. Asimismo, se hace necesario destacar la propuesta aceptada para la inclusión de la prueba de verificación conjunta dentro del futuro protocolo de control de calidad en IMRT, en actual discusión por el Grupo de Trabajo de IMRT de la SEFM (*Prueba VMAT-5*), para usuarios VMAT de Elekta.

Comentario final

Con lo dispuesto anteriormente, la unidad de tratamiento fue comisionada respecto de la aplicación de técnicas volumétricas de forma satisfactoria. Se encontraron en este proceso, no obstante, limitaciones asociadas al acceso y contraste independiente de cada uno de los elementos que influyen sobre posibles impactos en la administración del tratamiento, como pueden ser las particularidades en la dosimetría y administración de campos pequeños, el MLC dinámico, la rotación de *gantry* y su sincronización con el anterior, o la variación continua de la tasa de dosis y la interrelación con las piezas anteriores. La discusión referida a estos aspectos fue ya expuesta en al inicio de la sección correspondiente de *Material y Métodos* (II.1.3.1), puesto que, aunque lo natural hubiera sido traerla a este marco, fue necesario aclarar el procedimiento seguido en la exposición respecto de la calibración de la unidad de tratamiento. La conclusión, expresada en diversos foros de experiencia clínica de la aplicación de la técnica [373], fue que, aunque continúa siendo más que conveniente motivar la introducción de pruebas semejantes en los programas de control de calidad cuando las técnicas volumétricas son aplicadas, el pragmatismo respecto de los resultados que se pretenden extraer de dicho programa debe ser mantenido, pues no conviene olvidar que el objetivo de estos procedimientos es determinar la posible falta de fidelidad en la administración del tratamiento, así como su impacto respecto del resultado clínico del mismo sobre un enfermo. El trabajo futuro en este sentido podría plantearse respecto de la conveniencia/posibilidad de sustitución de estos programas de control de calidad específicos de máquina, descritos en el texto o en la literatura respecto de la administración VMAT [368–371], por el proceso de control de calidad individualizado, siempre que éste se encuentre basado en métricas que posean relevancia clínica, y que permitan, además de determinar la detección/existencia de un problema en la administración del tratamiento, orientar hacia el origen físico del mismo.

IV.1.1.1. Comisionado del TPS

Dosis absoluta y factores de campo

El cálculo de dosis fue validado satisfactoriamente, situándose dentro de las tolerancias establecidas a tal fin. Tal conclusión permitió contrastar adecuadamente el cálculo referido a campos pequeños, fundamentales en los tratamientos volumétricos.

Perfiles y curvas de porcentaje de dosis en profundidad

Las comparaciones concluyeron en un buen acuerdo entre TPS y los datos de referencia. Las mayores diferencias, aunque no especificadas, fueron observadas en las regiones de penumbra. Como se ha visto, la situación fue similar a la derivada del análisis realizado para las comparaciones de la misma naturaleza entre Mobius3D y COMPASS, y las curvas de referencia.

Modelado de la mesa de tratamiento en el TPS

El estudio permitió concluir que la mayor discrepancia obtenida es inferior al 3 %, mientras que el resto de las diferencias analizadas no superó el 2 % al comparar las medidas con cámara y los cálculos realizados en el TPS con la inclusión de la mesa. Estos resultados permitieron validar la correcta inclusión del tablero en la planificación de tratamientos de IMRT y VMAT, lo que resultó imprescindible en las técnicas de tratamiento descritas en el texto, a la vista de la complejidad de las mismas.

Comentario final

Las verificaciones presentadas forman parte, habitualmente, de los procedimientos asociados a la implantación clínica de un TPS, como puede extraerse del protocolo para el control de calidad en sistemas de planificación de la SEFM [377]. El modelado resultó satisfactorio, puesto que los resultados encontrados resultaron similares a los derivados en la literatura [458]. No obstante, el protocolo no fue aplicado de forma pormenorizada, salvo aquellas pruebas consideradas como esenciales. Nuevamente, consideraciones particulares, como la bondad en el cálculo de heterogeneidades, o la habilidad del TPS respecto de la optimización y generación de los planes de tratamiento de intensidad modulada, se incluyeron en el marco del control de calidad individualizado contemplado por todas las métricas descritas en los sucesivos apartados, pues el TPS objeto de estudio se empleó únicamente para la generación de planes de IMRT y VMAT, siendo la totalidad de los mismos sometidos a, al menos, uno de los programas de control de calidad pre-tratamiento con las distintas métricas propuestas a lo largo del texto. Como se discutió en la sección previa, desarrollos futuros podrían plantearse respecto de la viabilidad en el complemento de los programas de control de calidad específicos para TPSs con las métricas planteadas en este texto, y en líneas paralelas al mismo, o al menos, la inclusión de las mismas en lo correspondiente a las secciones planteadas en los nombrados protocolos referidas a la verificación independiente/redundante de los tratamientos.

IV.1.1.2. VMAT aplicada al tratamiento de próstata

Los resultados derivados del análisis de las adecuadas coberturas para volúmenes blanco, compatibles con el amplio margen mostrado en el cumplimiento de las tolerancias para órganos de riesgo, incluso en las situaciones más desfavorables (irradiación

pélvica en el caso de pacientes de alto riesgo, con esquema hipofraccionado) permitieron argumentar la baja toxicidad observada en los pacientes de próstata tratados con la técnica VMAT, en conjunción con técnicas de IGRT diaria, en el HCDGU a lo largo de los últimos cuatro años.

El análisis de las UM administradas en cada caso condujo a una situación ciertamente lógica al observar un valor promedio superior en el conjunto de alto riesgo, pues el tratamiento resulta más complejo, en el sentido en que se irradia un volumen mucho mayor, unido a un aumento en el grado de modulación en la administración del mismo, consecuencia del empleo de las técnicas de SIB. Los tiempos de tratamiento condujeron a una conclusión similar, de una forma incluso más clara. En esta línea, se observó que el peor de los promedios para los tiempos de tratamiento (alto riesgo) se encontró entre 7 y 8 minutos. Aunque son tiempos intermedios, supusieron una clara mejora con respecto a las técnicas de IMRT tradicional de *gantry* estático, más si cabe al considerar el resto de estadios, que condujeron a reducciones mucho más intensas en tales tiempos. El ahorro de los mismos permitió sustentar, como se dijo, la realización de CBCT diario en los pacientes tratados con esta modalidad volumétrica, con las consecuentes ventajas respecto de toxicidad descritas en el apartado *Introducción*.

Comentario final

Los resultados dosimétricos presentados para los 100 casos de próstata analizados mostraron la calidad suministrada por la administración VMAT, manteniéndose los límites definidos en las recomendaciones muy por debajo de los valores establecidos en las mismas, a la vez que se observó una adecuada cobertura. La principal limitación que ofrecen estos resultados se encamina hacia la parte clínica, puesto que aún no han sido correlacionados con el control y toxicidades observados a lo largo de los cuatro años de aplicación de la técnica. No obstante, un simple análisis cualitativo ha mostrado una clara mejora en tales toxicidades respecto de las obtenidas con 3DCRT, lo que permite argumentar, sin valores concretos, la clara mejora en la calidad de los tratamientos administrados. Los planteamientos a medio y largo plazo deberían pasar por aunar los datos dosimétricos con el control y toxicidades observadas, permitiendo argumentar en un marco puramente clínico la bondad de la técnicas descritas.

En lo referido a la optimización alcanzada con la introducción de las técnicas volumétricas respecto de los tiempos de administración y número de unidades de monitor, estas vías constituyen líneas de investigación en sí mismas, puesto que, aunque hayan sido ampliamente discutidos en la literatura, como ha podido verse a partir de las referencias bibliográficas traídas a tal efecto, los conflictos de interés, generados normalmente por la pugna de las distintas entidades comerciales, han marcado el ritmo de tales discusiones. No obstante, a la vista de la literatura y de los resultados derivados en el presente estudio, resulta ineludible la potencial reducción de tiempos de administración que conllevan las técnicas VMAT, con la consecuente repercusión desde diversos ámbitos, fundamentalmente clínicos, administrativos y económicos, que esto supone. Clínicamente, permite fomentar la introducción de otras técnicas que permitan enrique-

cer la calidad del tratamiento; en este aspecto, la IGRT se torna en la más interesante para ocupar los huecos temporales generados. Administrativa y económicamente, posibilita aumentar el flujo de pacientes tratados en una unidad con técnicas que conducen a una elevada calidad dosimétrica, con la consecuente repercusión en los dos aspectos comentados. Aunque se aleja del objetivo del estudio, respecto de esta discusión, el trabajo presentado adolece de limitaciones en lo referido a comparación estadística de tiempos de tratamiento con otras técnicas, tanto convencionales (3DCRT), como moduladas (IMRT de *gantry* estático), aunque un somero análisis permite argumentar la clara mejora, como se ha hecho en el texto. Deberían reportarse estas comparaciones para obtener valores propios de la institución, contrastando la situación administrativa que supone la conjunción de VMAT-IGRT respecto del paradigma anterior (3DCRT e IMRT-IGRT), presentando estos resultados como aval de la inversión realizada respecto de la patología de próstata tratada mediante arcoterapia volumétrica modulada.

IV.1.2. Métricas clásicas aplicadas al tratamiento volumétrico

Los resultados obtenidos para las verificaciones con detectores puntuales, así como el análisis de las distribuciones de dosis medidas con una matriz de cámaras de ionización fueron presentados en las secciones previas referidas a este epígrafe. Es necesario puntualizar que los resultados fueron referidos a número de tratamientos, no de pacientes. Es habitual el empleo de técnicas de SIB, fundamentalmente en el caso de tumores de ORL y próstata, aunque también se han aplicado a casos de pulmón o gástricos, aunque no ha sido así en todos los casos. En determinadas ocasiones, cada una de las fases fue planificada y verificada independientemente.

Se ha podido comprobar que el empleo de la técnica VMAT, en general, redundó en una disminución de los tiempos de tratamiento frente a la IMRT convencional, manteniendo las distribuciones de dosis observadas para la misma. Lo mismo se ha podido extraer respecto de la eficiencia de las UM administradas. En esta línea, el caso central analizado, la patología de próstata, fue probablemente el más representativo respecto de la disminución de tales tiempos de tratamiento. Casos complejos, como algunos tratamientos puntuales de ORL, sin embargo, requirieron del empleo de más de un arco, administrado a tasas de dosis intermedias, lo que no redundó en una mejora sustancial de los tiempos de tratamiento frente a la IMRT tradicional. Es por ello que en la práctica habitual, se ha proseguido con el empleo de ambas técnicas de forma simultánea. Un argumento favorable a la explicación de esta situación podría ser la incapacidad de interdigitación ofrecida por el MLC que posee la unidad Synergy empleada para el presente estudio.

IV.1.2.1. Verificación puntual de dosis absoluta con cámara de ionización

En lo referido a las desviaciones encontradas en las medidas realizadas con cámara, la mayor discrepancia fue observada para un tratamiento de mesotelioma (-3.53 %). Dicha situación constituye un ejemplo en el que obtener un punto de referencia para la medida puede ser una tarea no trivial. El volumen blanco en este caso estaba constituido por una envoltente del pulmón afectado, sin incluirlo. Por esta razón, aunque dicho tratamiento sobrepasara la tolerancia establecida para la prueba, el porcentaje de puntos que cumplió el criterio gamma, empleando el segundo montaje, fue del 98.7 %, por lo que pudo argumentarse que el tratamiento es correcto respecto de los valores derivados del proceso de QA. A la vista de los buenos resultados obtenidos, puede afirmarse que la hipótesis de partida establecida respecto de la aplicación de las métricas clásicas, esto es, la identificación de los tratamientos de VMAT como una forma adicional de IMRT respecto del punto de vista del QA, es válida.

No obstante, y a pesar de la bondad de los resultados, pudo apreciarse una cierta tendencia sistemática en las medidas hacia dosis inferiores a las calculadas. La razón de este posible sesgo se encuentra en la versión del TPS empleada para el cálculo en este apartado (Monaco 2.03). Se reportó a los usuarios y se comprobó que dicha versión sobreestimaba la dosis transmitida a través de los bordes de las láminas. Esta situación podía traducirse en diferencias del 3 % al 5 % entre la dosis calculada y la medida para tratamientos VMAT. La solución recomendada por el fabricante, comprobada durante el proceso de QA de los primeros tratamientos administrados con dicha versión, pasaba por un reescalado adecuado de las UM. El procedimiento seguido en el HCDGU se basó en criterios de seguridad y repetibilidad entre usuarios (así como en las posibles incertidumbres derivadas del proceso de medida con cámara de ionización). De esta forma, el proceso de reescalado de UM fue establecido a la baja, con valores enteros o semienteros (por ejemplo, una discrepancia de un -3.7 % se sometió a un reescalado de un 3.5 %, un -2.3 %, a un 2 %, etc.). La discrepancia fue establecida en una primera medida, mientras que la bondad del reescalado se comprobaba en una segunda. Este procedimiento pudo ser el causante de la desviación sistemática hacia bajas dosis observada en los resultados presentados.

IV.1.2.2. Verificación de distribuciones de dosis planares empleando una matriz de cámaras de ionización

Respecto del empleo de matrices de cámaras de ionización en la verificación de distribuciones de dosis, se analizaron tres posibles montajes. El primero de ellos (detector situado sobre la mesa de tratamiento) supuso el colapso de todos los segmentos a un único ángulo de *gantry*. Al hacerlo, las posibles variaciones derivadas de la naturaleza dinámica del tratamiento, como pueden ser, entre otros, el movimiento y pandeo del brazo, efectos de la gravedad sobre el movimiento/posicionamiento del MLC y las mandíbulas, o variaciones de parámetros dosimétricos con el movimiento del *gantry*,

quedan enmascaradas. A la vista de lo anterior, este montaje no fue considerado como adecuado para la aceptación de tratamientos de VMAT, por lo que, en todo caso, se empleó como complemento de alguno de los otros.

El segundo montaje (detector acoplado al *gantry* mediante alojamiento) permitió mantener la administración dinámica del tratamiento, lo que posibilitó que variaciones dosimétricas y/o mecánicas derivadas de la misma pudieran verse reflejadas en la medida. No obstante, la información continúa siendo escasa en caso de discrepancia, ya que la medida integrada en planos perpendiculares al eje de radiación puede enmascarar el origen de un posible problema. Además de las limitaciones mencionadas, se encontraron otras asociadas al tamaño, posición y distribución del volumen a tratar, puesto que no todos los casos pudieron verse totalmente incluidos dentro del área activa del detector. La razón se fundamentó en que el detector queda fijo dentro del aditamento acoplado al cabezal, impidiendo los desplazamientos laterales y longitudinales. Esto se observó cuando la dimensión longitudinal del volumen a tratar superó los límites del detector, o la posición del isocentro del tratamiento no se promedió adecuadamente respecto de esta dimensión. Esta técnica ha sido implementada como estándar en muchos centros para la verificación de tratamientos de VMAT. Aún así, es necesario extraer más información de la que puede ofrecer un plano puramente perpendicular al eje de radiación.

El tercer montaje (detector insertado en maniquí cúbico) proporcionó la información adicional requerida respecto de la disposición anterior, pues permitió verificar múltiples planos, no sólo coronales, sino también sagitales. La información recogida por el sensor de ángulos fue indispensable a la hora de implementar una corrección angular a las medidas tomadas inicialmente, sin la cuál, a la vista de los valores obtenidos para los $FC_{i,j}(\theta)$, el método no podría haber sido validado. Como se sugirió, las mayores dependencias aparecieron para incidencias tangenciales al detector, cercanas a 90° y 270° respecto del mismo, donde los factores llevaron a una corrección cercana, en promedio, al 8 %.

IV.1.2.3. Aplicación a la patología de próstata

Las desviaciones observadas para las medidas de dosis puntual adquiridas con cámara de ionización fueron compatibles con los resultados previos, así como con el resto de los presentados a lo largo del texto. Tales desviaciones fueron, en el peor de los casos, inferiores en valor absoluto al 2.5 %. Las comparaciones de distribuciones de dosis planares mediante el conjunto MatriXX + MultiCube condujeron a excelentes tasas de paso gamma, por encima del 98 % en todos los casos, tanto para planos coronales, como sagitales. Como se vio a lo largo del texto, el montaje que ofreció la mayor cantidad de información acorde al carácter volumétrico de la técnica fue el mostrado, puesto que permite el análisis de múltiples planos en distintas proyecciones. Tal y como se comentó en *Material y Métodos*, esta es la razón en la que se fundamenta la realización del presente análisis únicamente con el montaje descrito.

IV.1.2.4. Comentarios adicionales

Es necesario aclarar que, para el cálculo sobre maniquíes en este apartado, se tomó una malla de cálculo de 3 mm y una varianza del 2 %. La resolución con la que el TPS exportó los planos de dosis fue de 1 mm. Los valores recomendados para la varianza oscilan entre 1 % y 3 %. Atendiendo a la bibliografía, por debajo del 1 % no se observa diferencia apreciable en los análisis gamma. Para valores de la varianza entre 1-2 %, la variación de los resultados gamma se sitúa en torno al 1 % [459]. La influencia de dicho parámetro no fue, por tanto, decisiva. En todo caso se escogió el valor más adecuado para mantener el compromiso entre obtener distribuciones de dosis calculadas con el menor ruido estadístico posible y el tiempo de cálculo de las mismas.

Se consideró conveniente apoyar el empleo de los detectores analizados en un sistema adicional. Las comprobaciones mediante películas radiocrómicas presentan la ventaja de obtener una mayor resolución espacial, aunque el proceso de medida y análisis supone un mayor coste en tiempo frente al empleo de los detectores estudiados. Se buscó que la dosimetría con películas sirviera como sistema redundante, comprobando periódicamente la validez del método basado en matrices de detectores, revistiendo de robustez al mismo.

Detectores habituales en un programa de control de calidad individualizado en IMRT, como pueden ser las matrices bidimensionales de cámaras de ionización, pudieron ser incorporados satisfactoriamente a un procedimiento semejante para la técnica volumétrica, siempre que su uso se viera complementado por aditamentos que permitan obtener la mayor cantidad de información posible respecto de la administración del tratamiento. No obstante, la limitación más importante encontrada en esta etapa del estudio fue precisamente la naturaleza de las métricas habituales, pues no se encuentran correlacionadas con el resultado clínico. Las recomendaciones se orientaron al empleo de métricas que posean tal relevancia, si bien no siempre es posible ir a este tipo de soluciones, fundamentalmente por razones económicas. Por ello, en el marco del uso de procedimientos habituales aplicados a la VMAT, la viabilidad en el empleo de dichos detectores fue contrastada como satisfactoria, a la vista de los resultados obtenidos.

IV.1.3. Métricas 3D basadas en parámetros dosis - volumen

IV.1.3.1. Comentarios y limitaciones del presente estudio

Resolución espacial del equipo MatriXX

La resolución geométrica de los *arrays* bidimensionales está limitada por el tamaño y separación de cada uno de los detectores individuales que los componen. Estrictamente, los valores determinados por Mobius3D y el cálculo de dosis mediante COMPASS en el análisis planar deberían ser convolucionados con la función de respuesta del detector y, posteriormente, comparados con las medidas adquiridas con MatriXX [460]. Este

problema, descrito como una limitación del presente estudio, no se observa en el proceso de reconstrucción de dosis basada en medidas efectuado por COMPASS, puesto que el sistema aplica inherentemente dicha corrección.

La tasa de paso gamma como métrica en el presente estudio: aplicación de tolerancias más restrictivas en el análisis gamma

La tasa de paso gamma 3%/3 mm constituye una métrica comúnmente empleada en tareas de QA [149]. No obstante, estas métricas habituales pueden reducir la sensibilidad de los sistemas involucrados en el control de calidad individualizado a paciente [139, 181, 182, 460–463]. En un estudio reciente, Nelms *et al.* [463] sugirieron realizar análisis gamma con criterios más estrictos, restringiendo las tolerancias tradicionales. La validación de ambos sistemas, comparando distribuciones de dosis planas mediante análisis gamma, involucró criterios gamma 2%/2 mm y 3%/3 mm globales. La implementación clínica de ambos sistemas supuso el empleo de tolerancias gamma 2%/2 mm y 3%/3 mm globales en las comparaciones volumétricas de dosis, e introdujo una prueba gamma 2%/2 mm local para los resultados de COMPASS. La implementación de las tolerancias previas (local/global) en el análisis de cada caso (planar/volumétrico) constituyó una limitación del presente estudio. OmniPro I'mRT fue empleado para la realización de análisis gamma 2D (validación de los sistemas). Mobius3D fue empleado para la realización de análisis gamma 3D (implementación clínica de los sistemas). La prueba gamma con normalización global es la única disponible en las soluciones previas. COMPASS, sin embargo, permite realizar tests gamma locales y globales para comparaciones volumétricas de dosis.

Comentarios sobre la evaluación y comparación de Mobius3D y COMPASS

Diversos autores han presentado estudios para el comisionado e implantación de sistemas de verificación pretratamiento 3D [186–188, 464]. Mobius3D no había sido evaluado comparativamente con otras soluciones previamente en la literatura. Las comparaciones basadas en el TG-119 de la AAPM constituyen potentes herramientas para evaluar el rendimiento de los TPSs para IMRT y VMAT [465], pudiendo ser igualmente implementadas en la evaluación de sistemas de control de calidad basados en la comparación de parámetros dosis - volumen.

La validación de los sistemas fue llevada a cabo mediante comparaciones con medidas tomadas con dispositivos externos y métricas habituales (comparaciones de dosis puntuales y análisis gamma bidimensional). La implementación clínica fue realizada en términos de comparaciones con planes de prueba sugeridos por el TG-119 y casos de prueba reales, mediante métricas habituales (análisis gamma planar y volumétrico) y basadas en DVHs.

Debe describirse una limitación adicional para este estudio. Mobius3D posee una herramienta independiente para predecir la dosis sobre la anatomía del paciente, denominada MobiusFX (Mobius Medical Systems). Este software reconstruye la dosis a

partir de la información recopilada por el acelerador durante la administración del tratamiento (*log-files*). En el momento de la redacción de este trabajo, esta herramienta no se encuentra disponible en el HCDGU. Posibles trabajos futuros deberían enfocarse en la validación e implementación clínica de la herramienta MobiusFX, como la contrapartida del esquema de reconstrucción de dosis a partir de las medidas en el sistema COMPASS.

IV.1.3.2. Validación de los dos sistemas

Comparación con la calibración de referencia

Las comparaciones de valores de dosis absoluta obtenidos con M3D y COMPASS fueron similares a las obtenidas en estudios previos [186, 188, 466]. Las diferencias promedio para M3D entre 10 cm y 20 cm de profundidad, en el caso de los PDDs, fueron $-2.7\% \pm 0.2\%$, comparadas con $-1.3\% \pm 0.2\%$ para CC y $-1.4\% \pm 0.2\%$ para CR. La tasa de paso gamma promedio para M3D ($2\%/2$ mm, normalización local) fue $68\% \pm 28\%$. Estas discrepancias podrían, probablemente, ser mejoradas ajustando los datos de referencia en M3D. Las mayores diferencias observadas en las comparaciones de perfiles se localizaron en la región de penumbra. El pronunciado gradiente de dosis presente en esta zona contribuye a incrementar dichas discrepancias, como puede derivarse de las tasas de paso gamma (los valores promedio estuvieron por encima del 98% para el criterio $2\%/2$ mm, con normalización local). No obstante, las comparaciones de los perfiles concluyeron en un buen acuerdo entre ambos sistemas y los datos de referencia. Como conclusión, puede asumirse que los resultados de CC fueron mejores que los de M3D y CR en la mayor parte de las situaciones. Las tasas de paso gamma se situaron por encima del nivel de acción del 90% , establecido en el TG-119 para el análisis gamma de campos individuales [149], para los PDDs y los perfiles, exceptuando algunos de los campos evaluados con la tolerancia $2\%/2$ mm (PDDs extraídos con M3D para los campos 2×2 , 3×3 , 4×4 y 10×10 cm²).

Validación con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM

Las discrepancias promedio fueron inferiores al 1% . Los resultados para campos estáticos fueron comparables con los obtenidos en la sección previa. Para los planes dinámicos del TG-119, los valores fueron comparables a los extraídos con planes VMAT reales.

Validación con planes de tratamiento VMAT reales

Los resultados para las comparaciones con medidas adquiridas mediante cámara de ionización fueron comparables o incluso mejores que los encontrados en la literatura [186, 188, 466]. Los valores para M3D fueron ligeramente mejores que los obtenidos mediante CC y CR en comparaciones de valores de dosis puntual. Las comparaciones de distribuciones de dosis planares condujeron a resultados similares para ambos sistemas,

siendo mejores en el caso de los planos sagitales. Las tasas de paso gamma se situaron por encima del nivel de acción del 88 %, establecido en el TG-119 para el análisis gamma de campos compuestos [149], excluyendo los valores promedio para los planos coronales obtenidos mediante CR, evaluados con la tolerancia 2 %/2 mm.

IV.1.3.3. Implementación clínica de los dos sistemas

Implementación clínica con campos estáticos regulares y dinámicos empleando los planes de prueba del TG-119 de la AAPM

Los resultados para el conjunto de pruebas del TG-119 fueron consistentes con los derivados en estudios previos. Las discrepancias dosis - volumen fueron comparables con planes clínicos reales validados por otros autores [186, 463, 466]. Las diferencias observadas podrían ser reducidas intentando mejorar el modelado del haz en los sistemas Mobius3D y COMPASS. En el proceso de reconstrucción de dosis, la resolución espacial del detector MatriXX podría constituirse en un problema a la hora de detectar puntos conflictivos sobre e infradosificados en tratamientos altamente modulados, lo que podría contribuir a obtener peores resultados.

Implementación clínica con planes de tratamiento VMAT reales

Las comparaciones dosis - volumen fueron similares a las obtenidas en otros estudios [186, 463, 466]. Las diferencias entre los dos resultados derivados de COMPASS fueron significativas, si bien los resultados derivados mediante M3D comparados con ambos obtenidos mediante COMPASS condujeron a valores p superiores a 0.05. Estas discrepancias podrían ser mejoradas con la misma solución reportada en la sección anterior. Tales resultados, así como los descritos en la sección previa, contrastaron con el análisis estadístico de las distribuciones de dosis relativas realizadas en la sección inicial de éste epígrafe. Los resultados para ambos sistemas fueron comparables en términos de parámetros dosis - volumen. Las tasas de paso gamma con normalización global se situaron por encima del nivel de acción del 88 %, establecido en el TG-119 para el análisis gamma de campos compuestos [149].

IV.1.4. Introducción de métricas basadas en parámetros radiobiológicos

IV.1.4.1. Comentarios acerca del presente estudio

Variabilidad en los parámetros de respuesta y modelos radiobiológicos

Los modelos radiobiológicos constituyen potentes herramientas de evaluación puesto que valores como la TCP y NTCP están relacionados con el resultado clínico del tratamiento. Sin embargo, existen diversos modelos con una amplia variedad de parámetros reportados, asentados en un número similar de publicaciones. Con el fin de tener

en cuenta esta variabilidad según la selección del modelo, los valores de TCP y NTCP fueron calculados en distintos entornos [467]. Asimismo, los modelos previos fueron alimentados con diversos conjuntos de parámetros con el objetivo de considerar la variabilidad en los valores reportados. Sin embargo, es necesario aclarar que los distintos conjuntos de parámetros radiobiológicos considerados en el presente estudio han sido extraídos de informes (TG-166 de la AAPM [194]) y estudios de referencia [444, 454].

Empleo de los casos de prueba del TG-166 de la AAPM

El objetivo de este apartado fue evaluar la implementación de métricas radiobiológicas en el flujo de control de calidad individualizado a paciente. Los casos de prueba del TG-166 han sido diseñados para evaluar el modelado biológico implementado en diversos TPSs comerciales. En particular, las estructuras del caso *benchmark phantom* han sido específicamente desarrolladas para abordar este problema. Además, las capacidades de los sistemas respecto del cálculo y reconstrucción de dosis deberían ser testeadas mediante casos clínicos. Los otros casos de prueba del TG-119 (cabeza y cuello, próstata y cerebral) han sido intencionadamente empleados para este propósito.

Relevancia de las métricas radiobiológicas

A la vista de lo anterior, nuevas métricas deberían ser introducidas para tener en cuenta de forma efectiva el impacto clínico de posibles errores en el cálculo/administración de tratamientos modulados. Considerando los parámetros radiobiológicos como potenciales indicadores del resultado clínico de un tratamiento de radioterapia, tales índices podrían ser incluidos entre estas métricas. Esta afirmación va más allá del flujo de QA específico a paciente usual, basado en comparaciones de distribuciones de dosis 2D o 3D. De esta forma, las métricas de QA individualizado podrían evaluar directamente las variaciones entre el resultado clínico del tratamiento esperado (planificado) y finalmente administrado.

En adición a la discusión previa, las métricas radiobiológicas podrían emplearse con el fin de evaluar la robustez de un tratamiento de radioterapia desde el punto de vista de la sensibilidad del mismo frente a posibles perturbaciones. Observando la forma sigmoidal de las curvas de TCP y NTCP, la zonas de alta dosis para la TCP y de baja dosis para la NTCP constituyen las regiones ideales para tales índices, puesto que en ellas los resultados son menos sensibles frente a posibles cambios. La determinación de la solidez de un plan de tratamiento podría ser empleada para prevenir la influencia sobre el mismo de posibles fuentes de error, a la vez que podría conducir a la introducción de mejoras en la calidad del plan antes de la administración del tratamiento.

IV.1.4.2. Verificación de las métricas biológicas empleando los planes de prueba del TG-166 de la AAPM

Las discrepancias entre el TPS y los dos sistemas estuvieron en buen acuerdo para los cálculos de gEUD. Las máximas discrepancias se localizaron en estructuras de

volumen reducido, como el oído interno, donde pequeñas diferencias podrían conducir a resultados pobres. Para las comparaciones de TCP y NTCP, las discrepancias fueron mejores que las de los resultados previos. Los peores resultados fueron observados para el caso de prueba del *benchmark phantom*.

IV.1.4.3. Evaluación de tratamientos de próstata empleando métricas clásicas (análisis gamma 3D) y basadas en parámetros dosis - volumen

Las tasas de paso gamma para el cálculo y reconstrucción realizado por COMPASS fueron ligeramente superiores a las de Mobius3D. Los resultados se situaron por encima del nivel de acción del 88 %, establecido en el TG-119 para el análisis gamma de campos compuestos [149], excluyendo algunos resultados con el criterio 2%/2 mm: valores promedio calculados por COMPASS para el PTV de ganglios linfáticos pélvicos en pacientes de alto riesgo, valores promedio reconstruidos por COMPASS para el PTV de próstata en pacientes de alto riesgo, así como algunos resultados para Mobius3D (PTVs de próstata y ganglios pélvicos en pacientes de alto riesgo, PTV de lecho prostático, recto en el caso de los pacientes de lecho y vejiga en el caso de los pacientes de riesgo alto, bajo y lecho).

Las comparaciones de los DVHs fueron similares a los datos de otros estudios [192, 463, 466]. Los resultados para ambos sistemas fueron comparables en términos de parámetros dosis - volumen, si bien los cálculos de CC mejoraron los valores de M3D, y éstos últimos los de CR.

IV.1.4.4. Métricas biológicas aplicadas a tratamientos de próstata

Los cálculos radiobiológicos condujeron a discrepancias comparables para los tres sistemas. Las diferencias estadísticamente significativas se mostraron en el apartado de *Resultados*. Para los valores de gEUD, las diferencias fueron superiores en el caso de OARs frente a los volúmenes blanco. En relación a los cálculos de TCP, los valores absolutos calculados para el TPS con el modelo de Poisson fueron, en general, ligeramente mayores que los obtenidos con los modelos sigmoidal y de Niemierko. Estos valores absolutos fueron comparables entre los modelos, con la excepción de los resultados derivados para el caso de próstata de alto riesgo, tomando los valores del trabajo de Cheung *et al.* (los valores para los modelos sigmoidal y de Niemierko son muy similares, pero del orden de un 20 % inferiores a los resultados derivados con el modelo de Poisson), así como el caso de lecho tras prostatectomía tomando los valores del trabajo de King *et al.* (los valores para los modelos sigmoidal y de Niemierko nuevamente son muy similares, pero del orden de un 15 % inferiores a los resultados derivados con el modelo de Poisson) y Levegrün *et al.* (los resultados derivados con el modelo de Poisson fueron en torno a un 10-15 % superiores a los obtenidos con los otros dos modelos).

Como puede observarse, las discrepancias derivadas en los valores de las TCPs tienen su origen en la selección de parámetros/modelos y fueron igualmente observadas en los resultados de M3D, CC y CR, preservando las bajas diferencias obtenidas en las comparaciones. Para los cálculos de NTCP, los valores absolutos fueron comparables entre ambos modelos, LKB y Niemierko, preservando igualmente las bajas diferencias derivadas de las comparaciones.

Los resultados para el estudio de la correlación entre las diferencias observadas en los DVHs y en la gEUD/TCP/NTCP fueron analizados en la sección de *Resultados*. La correlación entre D_{50} y TCP fue más intensa que la derivada de la comparación con D_{98} y D_2 . El aumento/disminución de la TCP estuvo fuertemente correlacionado con D_{50} , que, a su vez, se relaciona con la dosis media. La correlación entre la NTCP y los parámetros dosis - volumen para OARs fue mayor para los valores de recto frente a los de vejiga o cabezas femorales. Estos resultados podrían ser explicados empleando las ideas tomadas del estudio de Zhen [468], basadas en la discusión expresada en la sección IV.1.4.1. Si los valores de TCP/NTCP se localizan en regiones de bajo gradiente dentro de la curva sigmoidal que las describe (alta TCP o baja NTCP), el resultado clínico es menos sensible frente a posibles cambios en el plan, como puedan ser discrepancias dosis - volumen. En este sentido, los valores de NTCP para vejiga y cabezas femorales fueron bajos y extremadamente bajos, respectivamente, como puede verse en la Figura IV.1.1. Esto podría explicar la falta de correlación entre cambios en los parámetros de los DVHs y los resultados de NTCP, en estos casos.

IV.1.4.5. Comentario final

La introducción de métricas radiobiológicas en el proceso de control de calidad individualizado ha permitido satisfacer los objetivos establecidos inicialmente, puesto que han permitido evaluar la calidad de la administración desde el punto de vista del resultado clínico, complementando o superando los parámetros dosis - volumen. Estas métricas han permitido, además, definirse como potenciales indicadores de la sensibilidad de un plan de tratamiento frente a posibles variaciones asociadas al proceso de cálculo y/o administración del tratamiento. A la vista de los resultados obtenidos, y de la discusión establecida anteriormente, las métricas radiobiológicas permiten responder a una cuestión con relativa trascendencia, que tiene su origen en la aplicación de las basadas en DVHs, esto es, la forma de proceder cuando surge una discrepancia entre parámetros dosis - volumen en la comparación entre los planes del TPS y los obtenidos con los sistemas evaluados. De esta forma, las métricas basadas en índices biológicos permiten responder al planteamiento que tiene su origen en esta falta de coincidencia de parámetros de los DVHs. Si alguno de los puntos que definen la toxicidad o el control de la enfermedad en el espacio de parámetros dosis - volumen no coinciden, estas métricas pueden marcar el nivel de tolerancia/acción respecto de la decisión de administrar un plan (o no) a la vista de los resultados derivados respecto del procedimiento de QA individualizado, puesto que recogen en un único parámetro información del resultado clínico, tanto de control, como de toxicidad. No obstante, estas métricas

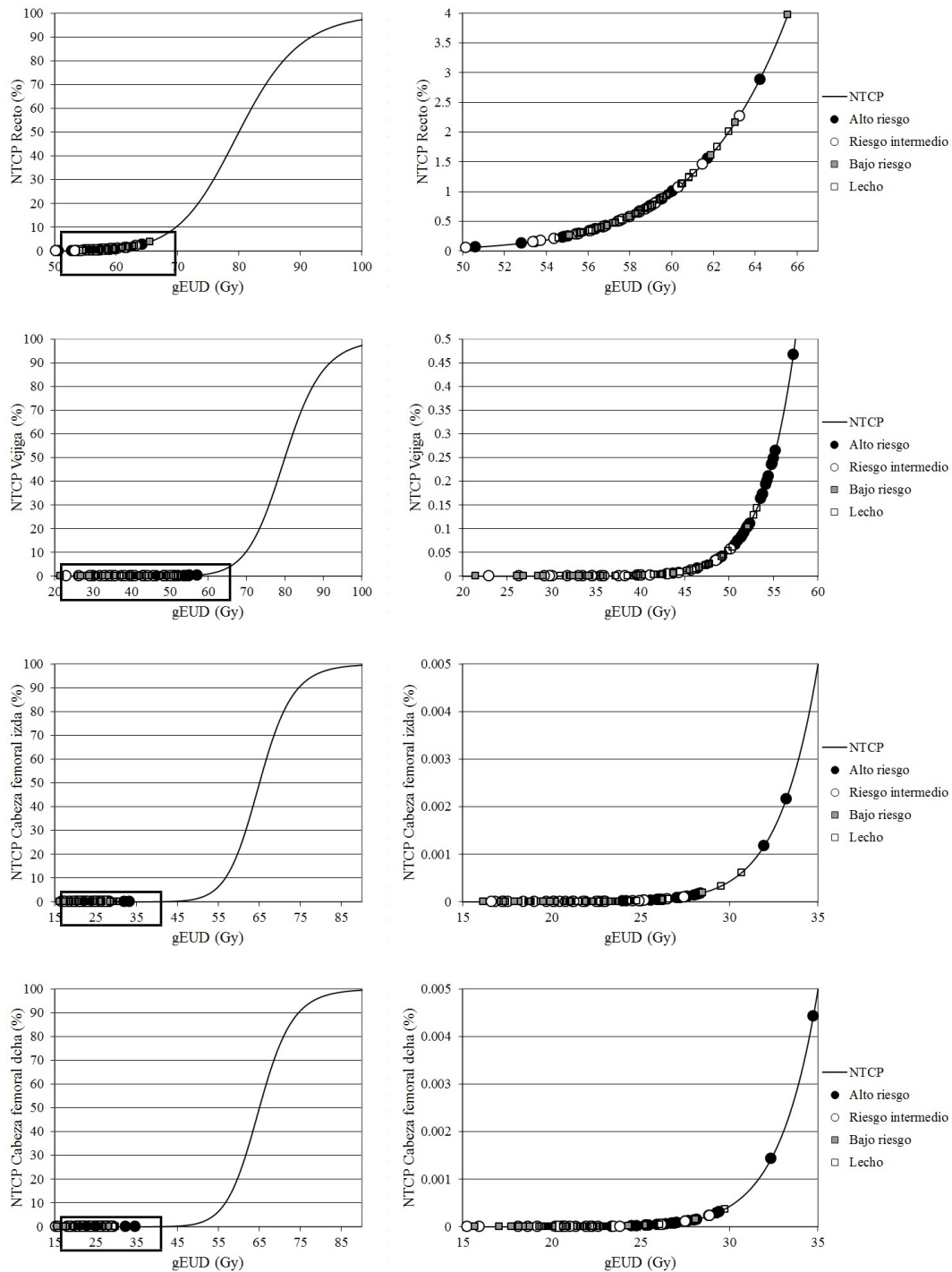


Figura IV.1.1: En la columna de la izquierda, se muestran los valores de NTCP para recto, vejiga y cabezas femorales calculados por el TPS para los casos de próstata de alto, intermedio y bajo riesgo, así como lecho tras prostatectomía. Los valores de NTCP se localizan en regiones de bajo gradiente en la curva sigmoideal; de esta manera, el resultado clínico del tratamiento es menos sensible a posibles cambios en los parámetros de los DVHs. En la columna de la derecha se muestran ampliadas las regiones de interés marcadas en las primeras figuras.

se han aplicado a un caso representativo de la administración volumétrica, como lo es el prostático, y a unas pocas situaciones marcadas como casos de prueba por la AAPM. Esta limitación debería verse superada en futuros estudios que contrastaran la aplicación de las mismas a múltiples patologías y localizaciones.

Capítulo IV.2

Conclusiones

IV.2.1. Validación de la técnica VMAT y aplicación al tratamiento de próstata

La técnica VMAT ha sido comisionada en lo referido a unidad de tratamiento y TPS de forma satisfactoria. Se ha discutido la generalización que supone el empleo de métricas como las estudiadas en el presente estudio, y la eventual absorción de estos procedimientos tradicionales de aceptación dentro del marco de un control de calidad pre-tratamiento. Asimismo, se ha introducido y evaluado el grupo de pacientes de próstata objeto a lo largo de todo el estudio, contrastando las bondades de la aplicación de las técnicas volumétricas, en conjunción con las de guiado por imagen, a dichos tratamientos.

IV.2.2. Métricas clásicas aplicadas al tratamiento volumétrico

Este estudio ha recogido el procedimiento inicial seguido en el HCDGU para la verificación individualizada de los tratamientos de VMAT. Se han presentado los resultados para el control de calidad de 111 pacientes tratados mediante técnicas volumétricas. El empleo de matrices bidimensionales de cámaras de ionización ha sido evaluado con varias disposiciones experimentales. En este proceso, se ha incluido el estudio de la dependencia angular de dichos detectores cuando se ven inmersos en maniqués homogéneos, extrayendo los factores de corrección correspondientes. Partiendo de la hipótesis acerca de la validez en la aplicación de las mismas herramientas usuales en QA aplicado a la IMRT tradicional, la situación volumétrica ha conducido a resultados semejantes, por lo que se acepta la bondad de tales métodos. No obstante, la técnica VMAT requiere de un control más exigente debido a la naturaleza dinámica de todos los parámetros involucrados en dicha técnica, especialmente del MLC dinámico, la tasa de dosis y la velocidad de *gantry* variables. Se requiere, por tanto,

una mayor implicación de los métodos tradicionales, sumándose al reto que supone un tratamiento puramente dinámico. En este sentido, **las matrices bidimensionales de cámaras de ionización**, empleadas tradicionalmente en control de calidad rutinario de los aceleradores de uso clínico y las verificaciones habituales de los tratamientos de IMRT, **han podido sumarse de la misma manera a las técnicas VMAT con la ayuda de elementos externos**, como maniqués y aditamentos especiales, que han permitido extraer una mayor cantidad de información con el mismo diseño de detectores empleados en la IMRT tradicional. **Estos detectores han facilitado inicialmente el control de calidad individualizado de los tratamientos, permitiendo la adaptación de dicho control al flujo de tiempos presente en una unidad de tratamiento con dedicación exclusiva a este tipo de técnicas**, pues de otra manera, la verificación hubiera supuesto un tiempo excesivo frente al total de uso diario del acelerador.

IV.2.3. Métricas 3D basadas en parámetros dosis - volumen

Superando las métricas expuestas en la sección anterior, transitando hacia la determinación 3D sobre la anatomía del paciente, los sistemas Mobius3D y COMPASS han sido pormenorizadamente evaluados mediante planes de control de calidad estáticos y dinámicos, empleando los conjuntos de prueba del TG-119, resultando en buen acuerdo con las medidas de referencia. Asimismo, las pruebas llevadas a cabo para evaluar la implementación clínica de ambos sistemas mediante la comparación con los cálculos del TPS han resultado satisfactorias, de acuerdo con los marcos de referencia dosimétricos establecidos. **Los dos sistemas han podido ser implementados clínicamente sin diferencias significativas entre ellos**. El empleo de este tipo de sistemas, a la vista de la descripción y resultados derivados de los mismos, debería verse precedido de un proceso de comisionado similar al que son sometidos los TPSs en su proceso de aceptación.

IV.2.4. Introducción de métricas basadas en parámetros radiobiológicos

El presente estudio ha explorado la utilidad potencial de las métricas biológicas aplicadas al proceso de control de calidad individualizado a paciente. Los sistemas Mobius3D y COMPASS han sido evaluados mediante los casos de prueba del TG-166. Las capacidades de ambos sistemas respecto del cálculo y reconstrucción de dosis 3D han sido evaluadas convenientemente mediante las métricas validadas en las secciones anteriores. Las métricas radiobiológicas, expresadas en términos de comparaciones entre distintos índices (gEUD, TCP y NTCP) han sido aplicadas a uno de los

casos paradigmáticos de la administración VMAT, esto es, el tratamiento de próstata. Ambos sistemas han sido evaluados satisfactoriamente, en términos de cálculos radiobiológicos, como potenciales herramientas para evaluar el resultado clínico de los tratamientos de radioterapia dentro del marco del control de calidad pre-tratamiento específico a paciente. Asimismo, han permitido arrojar luz sobre los resultados de las métricas basadas en DVHs, respondiendo a las posibles dudas derivadas de eventuales discrepancias en parámetros dosis - volumen, condensando la información de la calidad del plan de tratamiento en unos pocos índices, directamente relacionados con el resultado del tratamiento.

V

APÉNDICES

Apéndice V.A

Publicaciones y contribuciones asociadas al presente trabajo

V.A.1. Nacionales

- Clemente Gutiérrez F, Ramírez Ros JC, Cabello Murillo E, de la Casa de Julián MA. **Control de calidad en la geometría del haz de una unidad de arcoterapia volumétrica modulada.** *Actas del XVIII congreso de la SEFM, XIII congreso de la SEPR. Sevilla; 2011. Rev Fis Med 2011; 12: 117.*
- Clemente Gutiérrez F, Cabello Murillo E, Ramirez Ros JC, de la Casa de Julian MA. **Medidas de dosis absorbida absoluta con un array de cámaras de ionización como parte de un procedimiento rutinario de control de calidad para la técnica VMAT.** *Actas del XVIII congreso de la SEFM, XIII congreso de la SEPR. Sevilla; 2011. Rev Fis Med 2011; 12: 118.*
- Clemente Gutiérrez F, Cabello Murillo E, Ramírez Ros JC, de la Casa de Julián MA. **Validación dosimétrica de un sistema de planificación comercial VMAT: dosis absoluta y factores de campo.** *Actas del XVIII congreso de la SEFM, XIII congreso de la SEPR. Sevilla; 2011. Rev Fis Med 2011; 12: 353.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Prieto Villacorta M, Fernández Ruiz ML, Ruiz Prados M. **Empleo de matrices bidimensionales de cámaras de ionización en la verificación de tratamientos de arcoterapia volumétrica modulada.** *Rev Fis Med 2013; 14: 11-20.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Prieto Villacorta M. **Un método sencillo para el control de calidad del isocentro del sistema cone-beam CT para un acelerador Elekta Synergy.** *Actas del III congreso conjunto SEFM/SEPR. Cáceres; 2013: 360.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Prieto Villacorta M. **Modelado del tablero en un sistema de planificación para tratamientos de arcoterapia**

volumétrica modulada. *Actas del III congreso conjunto SEFM/SEPR. Cáceres; 2013: 370.*

- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Prieto Villacorta M. **Tratamiento hipofraccionado de próstata mediante arcoterapia volumétrica modulada.** *Actas del III congreso conjunto SEFM/SEPR. Cáceres; 2013: 371.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **Validación de un sistema de control de calidad pre-tratamiento 3D en técnicas volumétricas basado en matrices bidimensionales de detectores.** *Rev Fis Med 2015; 16: 11-32.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **Aplicación para la evaluación de histogramas dosis - volumen y parámetros radiobiológicos para el sistema de planificación Monaco.** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 133.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Clavo Herranz M. **Criterios QUANTEC aplicados al tratamiento de la patología prostática mediante arcoterapia volumétrica modulada (VMAT).** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 136.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **NTCP en tratamientos hipofraccionados de próstata de alto riesgo: variación entre dos modelos.** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 139.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **Análisis del tiempo de tratamiento de pacientes de próstata tratados mediante arcoterapia volumétrica modulada.** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 145.*
- Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **Aplicación del TG-119 de la AAPM al comisionado de sistemas de verificación 3D para el control de calidad de técnicas volumétricas.** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 145.*

V.A.2. Internacionales

- Clemente Gutierrez F, Ramirez Ros JC, de la Casa de Julian MA, *et al.* **Dosimetric validation of a commercial VMAT planning system: absolute dose and output factors.** *Radiother Oncol 2011; 99: S534 5.*
- Clemente Gutierrez F, Cabello Murillo E, Ramirez Ros JC, *et al.* **Quality assurance of beam geometry for VMAT treatments.** *Radiother Oncol 2011; 99: S536 7.*
- Samper Ots P, Clemente Gutierrez F, López Carrizosa MC, *et al.* **VMAT in the treatment of prostate cancer.** *Radiother Oncol 2012; 103: S429.*

- Clemente Gutierrez F, Perez Vara C, Prieto Villacorta M, *et al.* **Patient-specific QA for VMAT treatments based on 2D ion chamber arrays.** *Radiother Oncol* 2012; 103: S527 8.
- Clemente Gutiérrez F, Samper Ots P, Pérez Vara C, *et al.* **Hypofractionated prostate treatment in a single VMAT arc.** *Rep Pract Oncol Radiother* 2013; 18: S373 4.
- Clemente F, Perez-Vara C. **Development of correction factors for a 2D ion chamber array inserted in a cubic and homogeneous phantom for VMAT patient-specific QA.** *Med Phys* 2013; 40: 252 3.
- Clemente F, Perez-Vara C. **Comparison of two different setups for VMAT patient-specific QA.** *Med Phys* 2013; 40: 255.
- Clemente F, Perez-Vara C, Couselo M, *et al.* **Hypofractionated prostate treatment in a single VMAT arc.** *Med Phys* 2013; 40: 351.
- Clemente Gutierrez F, Perez Vara C. **Validation of a 3D dosimetric system using AAPM TG119 test suite.** *Radiother Oncol* 2014; 111: S575.
- Clemente F, Perez C. **3D GPU-accelerated secondary checks of radiation therapy treatment plans.** *Med Phys* 2014; 41: 222.
- Clemente F, Perez C. **Comparison of 2D and 3D gamma analysis in patient-specific QA for prostate VMAT plans.** *Med Phys* 2014; 41: 239.
- Clemente Gutierrez F, Perez Vara C. **3D secondary verifications for VMAT prostate treatments based in DVH-metrics and 3D gamma analysis.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2014; 90: S880.
- Clemente-Gutiérrez F, Pérez-Vara C. **Dosimetric validation and clinical implementation of two 3D dose verification systems for quality assurance in volumetric-modulated arc therapy techniques.** *J Appl Clin Med Phys* 2015; 16: 5190.
- Clemente Gutierrez F, Perez Vara C, Clavo Herranz M, *et al.* **Commissioning radiobiological metrics for 3D patient-specific quality assurance.** *Radiother Oncol* 2015; 115: S802.
- Clemente-Gutiérrez F, Pérez-Vara C, Clavo-Herranz M, *et al.* **Assessment of radiobiological metrics applied to patient-specific QA process of VMAT prostate treatments.** *J Appl Clin Med Phys* (En revisión).

Apéndice V.B

Análisis gamma

El índice gamma se establece dentro del marco que busca establecer una evaluación cuantitativa de comparación de distribuciones de dosis. El primer intento de establecer un parámetro cuantitativo se basó en la diferencia en dosis. Ésta puede ser útil en regiones de bajo gradiente de dosis, pero no resulta adecuado en zonas de alto gradiente, puesto que pequeñas diferencias pueden conducir a grandes variaciones en tal parámetro.

La siguiente evolución buscó la subdivisión de las distribuciones de dosis a comparar en zonas de bajo y alto gradiente. En las primeras, el parámetro anterior puede seguir resultando útil, definido como la diferencia entre las dosis tomadas como referencia, y las distribuciones a comparar. En las regiones de alta dosis, se introduce el concepto de *distance-to-agreement* (DTA) [71, 469]. La DTA es la distancia entre un punto en la distribución de dosis tomada como referencia y otro en la distribución a comparar que presenta el mismo valor de dosis.

El método de evaluación gamma combina ambos criterios: dosis y distancia [150]. Busca, como se ha dicho, la comparación de dos distribuciones. Una se define como la de referencia ($D_r(\mathbf{r})$) y la otra es la que se desea evaluar ($D_c(\mathbf{r})$). El criterio de aceptación se denota como ΔD_M para la diferencia en dosis y Δd_M para la DTA. Para un punto \mathbf{r}_r que recibe una dosis D_r en la distribución de referencia, el criterio de aceptación conjunto está definida por la envolvente de puntos que conforman un elipsoide definido como:

$$\sqrt{\frac{(\Delta r)^2}{\Delta d_M^2} + \frac{\Delta D^2}{\Delta D_M^2}} = 1 \quad (\text{V.B.1})$$

siendo $\Delta r = |\mathbf{r}_r - \mathbf{r}_c|$ la distancia entre los puntos de referencia y comparación, y $\Delta D = D_c(\mathbf{r}_c) - D_r(\mathbf{r}_r)$ la diferencia en dosis en la posición \mathbf{r}_c relativa a la dosis de referencia D_r en \mathbf{r}_r . Puede observarse una representación gráfica de esta situación para el caso bidimensional en la Figura V.B.1. Existe una coincidencia con la dosis de referencia en \mathbf{r}_r para la distribución comparada si ésta contiene, al menos, un punto (\mathbf{r}_c, D_c) que esté incluido dentro del elipsoide de aceptación, es decir, un punto que cumpla:

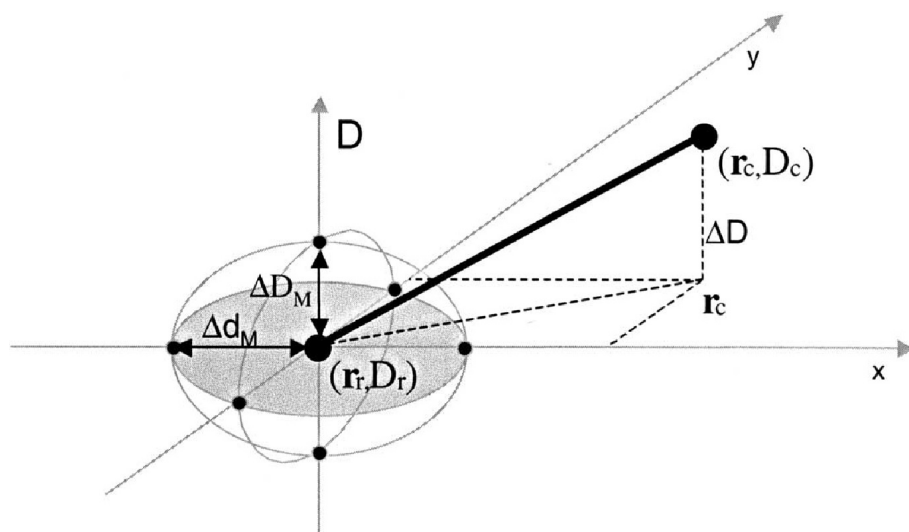


Figura V.B.1: Representación esquemática del método de evaluación gamma para una distribución bidimensional de dosis. Los puntos a comparar entre la distribución de referencia y comparación son (r_r, D_r) y (r_c, D_c) , respectivamente. El elipsoide de aceptación queda definido por los criterios en dosis (ΔD_M) y DTA (Δd_M).

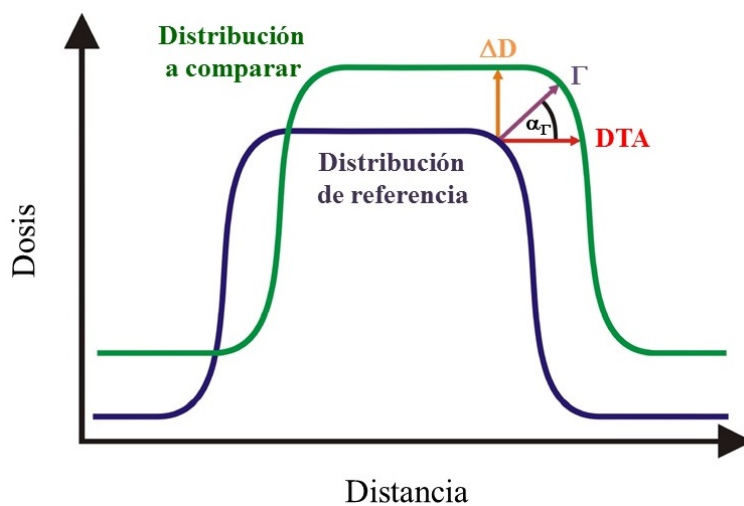


Figura V.B.2: Diferencias entre los conceptos de diferencia en dosis, DTA y gamma. Se define, asimismo, el llamado *ángulo gamma* (α_Γ).

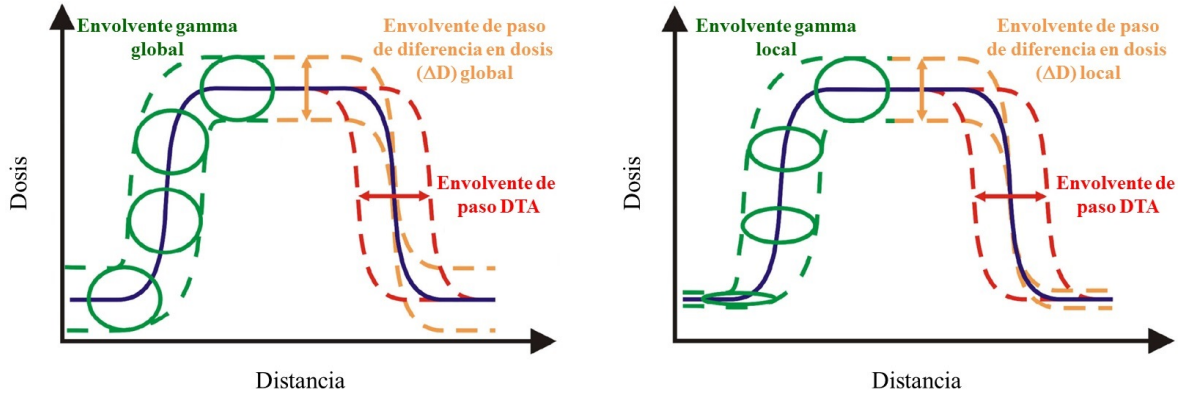


Figura V.B.3: Diferencia entre los criterios de evaluación gamma global (izquierda) y local (derecha).

$$\Gamma_r(\mathbf{r}_c, D_c) = \sqrt{\frac{(\Delta r^2}{\Delta d_M^2} + \frac{\Delta D^2}{\Delta D_M^2}} \leq 1 \quad (\text{V.B.2})$$

El índice de calidad para la comparación se define como:

$$\gamma(\mathbf{r}_r) = \min\{\Gamma_r(\mathbf{r}_c, D_c)\} \forall \mathbf{r}_c \quad (\text{V.B.3})$$

de tal manera que el criterio de paso/fallo se define de la siguiente manera:

- $\gamma(\mathbf{r}_r) \leq 1$: la correspondencia está dentro del criterio de aceptación.
- $\gamma(\mathbf{r}_r) > 1$: la correspondencia no está dentro del criterio de aceptación.

La Figura V.B.2 recoge las diferencias entre los distintos conceptos (diferencia en dosis, DTA y gamma) para una situación unidimensional. En ella también se presenta el concepto de *ángulo gamma* (α_Γ) para la comparación entre las dos distribuciones.

En general, el criterio de paso gamma para la dosis (ΔD_M) puede ser definido como global o local:

- Gamma global: ΔD_M está referido a la dosis máxima de la distribución a evaluar.
- Gamma local: Para cada punto de la distribución a comparar, ΔD_M se calcula en base a la dosis en cada punto, no estando por tanto referida al máximo de la distribución.

Una representación gráfica de ambas situaciones se recoge en la Figura V.B.3.

Apéndice V.C

Modelo lineal-cuadrático

V.C.1. Fundamentos empíricos

El modelo lineal cuadrático surge a partir de diversas consideraciones radiobiológicas, que generalizan las ideas recogidas en modelos previos, introducidas generalmente de forma empírica [5, 327]. La principal, o quizá más empleada, aplicación del mismo consiste en proporcionar un asentado modelo para el cálculo de isoeffecto entre esquemas de tratamientos de radioterapia que presentan distinto fraccionamiento [16, 330]. A partir de experimentos en laboratorio y ensayos celulares, diversos estudios [326, 327, 470, 471] concluyeron que el efecto biológico de la irradiación (tanto en tejido sano, como en tumores) está determinado por la fracción celular superviviente:

$$E = -\ln(\text{fracción celular superviviente}) \quad (\text{V.C.1})$$

La curva que describe la fracción de supervivencia puede describirse, en su dependencia con la dosis, como una exponencial decreciente con dos componentes (Figura V.C.1):

- Lineal: asociada a la pendiente inicial de la curva de supervivencia (α).
- Cuadrática: asociada al aumento de la pendiente con el aumento de la dosis (β).

El modelo lineal cuadrático permite, además, explicar fácilmente la ventaja que supone la administración de tratamientos fraccionados. La parte inicial de la curva de supervivencia se solapa en cada fracción, por lo que, para una misma dosis total, el esquema fraccionado produce un aumento de la supervivencia frente a una irradiación única. Estos efectos pueden observarse en la Figura V.C.1.

V.C.2. Fundamentos teóricos

Aunque, en general, el modelo lineal-cuadrático suele describirse con una base empírica, lo cierto es que en su concepción presenta implícitas ideas teóricas de base

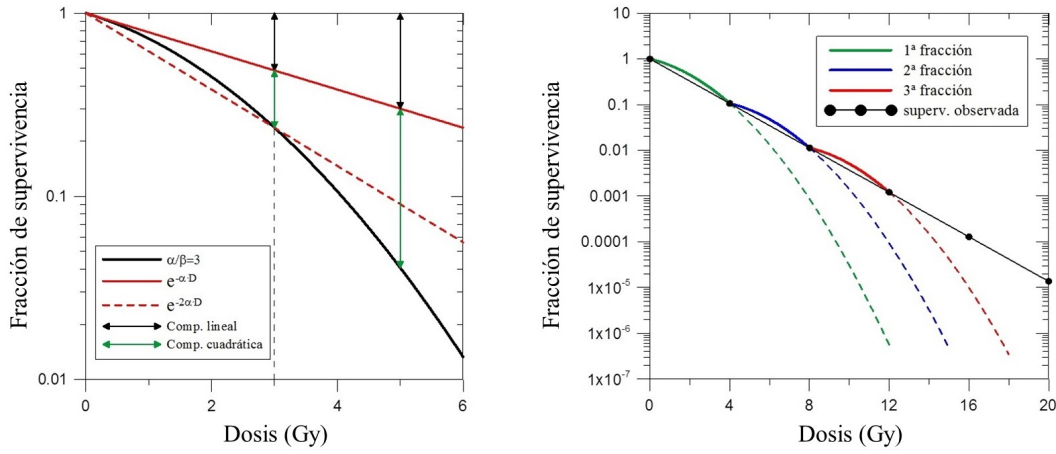


Figura V.C.1: Modelo lineal cuadrático. A la izquierda, pueden observarse las dos componentes que describen la exponencial decreciente del modelo. A la derecha, se aprecia el efecto que produce el fraccionamiento sobre la supervivencia celular, solapándose la parte inicial de la curva de supervivencia.

biológica, pues describe adecuadamente la curva de supervivencia celular basándose en dos posibles circunstancias, esto es, daño letal (ruptura doble de la hélice en el ADN) y daño subletal (ruptura simple de hélice en el ADN), de la siguiente forma:

- La probabilidad de producir un daño letal por un impacto único es proporcional a la dosis recibida: $p_\alpha = \alpha d$.
- La probabilidad de producir un daño letal por acumulación de impactos subletales es proporcional al cuadrado de la dosis: $p_\beta = \beta d^2$.

siendo α y β las constantes de proporcionalidad. Supóngase que la probabilidad de supervivencia sigue una distribución de Poisson:

$$P(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda} \quad (\text{V.C.2})$$

donde λ es el número de veces que se espera que ocurra el fenómeno que describe la distribución, y por tanto, la media de la distribución. A partir de las probabilidades anteriores, el número de impactos promedio que puede recibir una población celular irradiada con una dosis d , y que conllevan daño biológico, será la suma de ambas, es decir, $\alpha d + \beta d^2$. La fracción de células supervivientes (s) puede obtenerse, a partir de la distribución de Poisson, como la probabilidad que tiene una célula de no recibir ningún impacto letal, esto es:

$$s = P(0) = e^{-(\alpha d + \beta d^2)} \quad (\text{V.C.3})$$

Esta expresión es precisamente la descripción empírica que se suele realizar de la curva de supervivencia celular.

V.C.3. Dosis biológica equivalente

El efecto biológico E , como se ha dicho, está relacionado con la fracción celular superviviente como $E = -\ln s$. Por tanto, para n fracciones de dosis d , tendremos que:

$$E = n(\alpha d + \beta d^2) \quad (\text{V.C.4})$$

El modelo lineal cuadrático suele estar basado en varias suposiciones similares para el cálculo del isoeffecto. Las principales son la dosis extrapolada de tolerancia (DET) [327] y el efecto total [472]. El término dosis biológica equivalente (DBE) fue sugerido por Fowler [473] para una cantidad equivalente a la DTE. Se extrae dividiendo la expresión anterior por α , dado que E/α tiene unidades de dosis (Gy):

$$DBE = E/\alpha = nd \left(1 + \frac{d}{\alpha/\beta} \right) \quad (\text{V.C.5})$$

Nótese que:

- La dosis total es $D = nd$. A partir de la expresión anterior, E puede reescribirse como:

$$E = n(\alpha d + \beta d^2) = \alpha D + \beta dD \quad (\text{V.C.6})$$

Por ello, para fracciones infinitamente pequeñas ($d \rightarrow 0$), $E/\alpha \rightarrow D$, esto es, la respuesta extrapolada a la dosis D ; dicho de otro modo, DBE es la dosis a administrar para conseguir el isoeffecto deseado en fracciones infinitamente pequeñas.

- Por definición, a partir de la formulación que relaciona el efecto con la fracción de células muertas (o supervivientes), DBE es aditiva.

A partir de todo lo anterior, la equivalencia de dos esquemas de tratamiento en cuanto a un mismo efecto es clara; dados dos esquemas de tratamiento, administrados en n_1 y n_2 fracciones de dosis d_1 y d_2 , respectivamente, serán equivalentes cuando la DBE proporcionada por ambos esquemas sea la misma:

$$DBE_1 = DBE_2 \iff n_1 d_1 \left(1 + \frac{d_1}{\alpha/\beta} \right) = n_2 d_2 \left(1 + \frac{d_2}{\alpha/\beta} \right) \quad (\text{V.C.7})$$

V.C.4. EQD2

Es usual, a la hora de comparar o establecer el efecto de un esquema de tratamiento, hacerlo frente al administrado a un fraccionamiento convencional, a 2 Gy/sesión. Esto es debido a que los resultados conocidos de efectos sobre tejidos en radioterapia, tanto tumorales como sanos, surgen de la experiencia, acumulada sobre esquemas de tratamiento convencionales. Para esta comparación habitual, que suele ser la más común, se

introduce el concepto particular de dosis equivalente al fraccionamiento convencional (EQD2), que se extrae, despejando de la ecuación V.C.7 (asumiendo $d = 2$ Gy) [330]:

$$EQD2 = \frac{nd \left(1 + \frac{d}{\alpha/\beta} \right)}{1 + \frac{2}{\alpha/\beta}} \quad (\text{V.C.8})$$

Apéndice V.D

Extracción de los factores $FC_{i,j}(\theta)$

Las siguientes páginas recogen los valores de la dosis calculada con el TPS ($DC_{i,j}(\theta)$) y medida con el conjunto MatriXX + MultiCube ($DM_{i,j}(\theta)$), en el marco de la extracción de los factores de corrección angular $FC_{i,j}(\theta)$, según el procedimiento descrito en el capítulo II.2, descrito gráficamente a modo de ejemplo en la Figura V.D.1 para el caso particular a 45° .

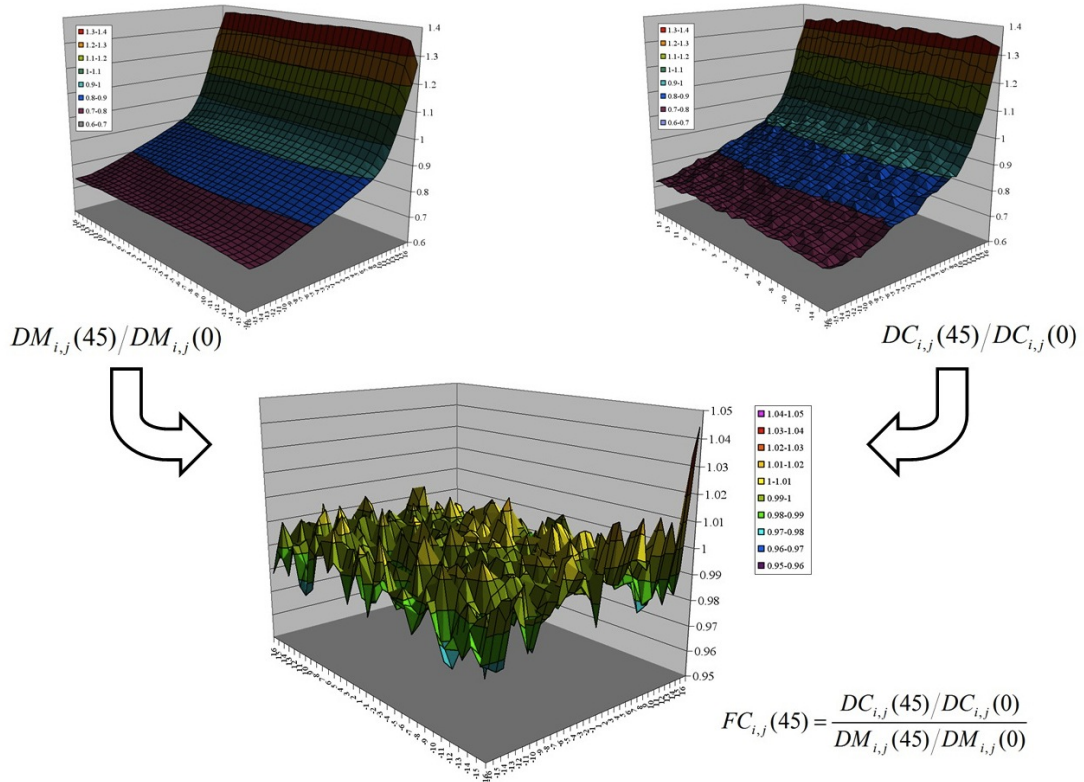


Figura V.D.1: Descripción gráfica del proceso de extracción de los $FC_{i,j}(\theta)$ para la situación particular a 45° .

$FC_{ij}(0^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy) DC ⁰ (0°)																																	
Detector	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	77.4	78.2	79.3	79.4	80.8	80.8	81.0	81.1	80.8	81.5	81.3	81.6	81.9	82.0	82.6	82.0	81.9	81.1	81.7	81.5	81.3	80.8	81.4	80.6	79.9	79.9	79.7	79.9	78.7	79.3	78.7	78.0	
15	77.7	79.2	79.9	81.3	81.0	81.9	82.9	82.7	82.3	82.7	82.9	82.5	83.5	83.9	82.9	83.1	83.5	83.5	83.7	83.4	83.4	83.2	82.6	82.8	82.0	81.6	81.7	80.7	80.6	80.1	79.6	78.0	
14	78.2	80.2	80.3	81.5	82.4	82.8	83.0	82.9	83.8	84.1	83.9	84.5	84.7	85.0	85.2	84.8	85.6	85.6	85.2	85.3	84.2	84.1	84.5	84.0	84.0	83.1	82.8	82.2	81.1	80.4	79.9	78.1	
13	78.8	80.4	81.3	82.9	83.4	83.7	84.1	84.6	85.2	85.2	85.2	85.4	85.6	86.6	85.5	86.2	86.6	86.7	85.9	85.2	85.4	85.2	84.6	84.3	83.9	83.6	82.7	82.2	80.8	79.8			
12	79.9	81.5	82.5	83.3	84.1	84.4	84.7	85.4	85.3	85.8	86.0	86.3	86.4	86.3	86.3	86.8	86.4	87.0	86.7	86.9	86.8	86.1	86.2	85.1	84.9	84.7	84.6	84.0	82.9	82.2	80.8	79.8	
11	80.5	82.3	83.2	83.8	84.4	84.7	85.3	85.8	86.3	87.5	87.3	87.2	87.3	86.6	87.9	87.0	87.2	87.0	86.5	87.3	87.0	86.9	86.7	86.5	86.2	85.6	85.1	84.4	83.6	82.6	81.3	80.6	
10	80.2	82.1	83.2	83.6	84.8	85.8	86.3	86.6	87.0	87.8	87.2	87.6	86.7	87.4	87.1	87.1	87.5	86.8	87.6	87.9	87.4	86.8	86.7	86.6	86.8	86.4	85.4	84.7	84.3	83.4	81.9	81.2	
9	80.9	82.3	83.1	84.6	84.4	86.2	86.4	87.0	87.0	87.4	87.2	87.4	87.6	87.5	87.3	88.0	87.6	87.5	87.0	87.3	87.5	87.4	87.8	87.4	86.9	86.8	86.4	85.0	84.2	83.5	81.9	81.0	
8	80.6	82.5	83.5	84.3	85.1	86.7	87.5	87.4	87.5	87.4	87.6	88.0	87.6	87.9	88.0	88.1	88.3	88.0	87.7	87.6	87.4	87.2	87.5	87.7	87.8	87.4	86.5	86.0	84.6	83.9	82.3	81.4	
7	81.3	82.8	83.8	85.1	85.5	86.6	86.8	86.9	87.0	87.6	88.2	88.0	87.6	87.8	87.9	88.3	88.5	88.2	87.8	87.7	88.2	87.7	87.7	87.7	87.2	87.2	87.1	87.1	86.1	84.7	83.6	82.5	81.4
6	81.6	83.3	84.6	85.7	86.5	86.7	86.8	87.3	88.1	87.8	88.2	88.4	87.9	88.9	88.5	88.7	88.5	88.5	87.6	88.4	88.3	87.7	88.1	87.5	87.1	87.0	86.2	85.1	84.5	82.9	81.6		
5	81.5	83.3	84.5	85.5	86.2	87.0	86.9	87.1	87.5	87.8	88.1	88.2	88.8	88.7	88.7	88.5	88.2	88.3	88.9	89.2	88.0	87.9	87.6	87.7	87.6	87.2	86.7	86.0	85.8	84.5	83.5	82.3	
4	81.2	83.2	84.6	85.9	86.1	86.9	87.1	87.7	87.4	87.8	88.5	88.6	89.0	89.0	88.7	88.4	88.3	89.1	89.0	89.3	88.6	88.8	88.4	87.4	87.7	87.2	86.7	86.6	86.4	85.0	83.3	81.8	
3	81.0	83.0	84.3	85.8	86.6	86.9	87.6	87.6	87.7	88.1	88.4	88.0	88.5	88.8	88.7	88.6	88.5	88.9	88.9	88.9	88.8	88.7	88.3	87.6	87.8	87.1	87.3	86.7	85.8	84.8	83.4	82.2	
2	81.9	83.6	84.5	86.1	86.5	86.9	87.3	87.5	87.9	87.8	88.5	88.4	89.3	88.9	88.8	88.6	89.1	88.9	88.5	88.9	88.7	88.4	87.7	88.3	87.7	87.8	87.0	86.9	85.8	85.2	83.4	82.0	
1	82.0	84.0	84.9	86.5	86.3	87.2	87.3	87.7	88.0	87.6	88.6	88.7	88.8	88.9	89.2	88.9	89.2	88.9	87.6	88.6	87.8	88.9	87.6	88.6	87.2	88.3	86.1	84.7	83.6	82.1	80.2		
2	81.7	82.7	85.4	86.5	86.8	86.8	86.9	88.0	87.7	87.7	88.0	88.8	89.1	89.1	88.8	88.9	88.4	88.5	88.6	89.1	88.3	88.8	88.1	88.3	88.0	87.7	86.9	86.5	86.4	85.5	83.9	81.6	
3	82.2	83.5	85.5	85.8	86.8	86.9	87.9	87.9	88.4	88.1	88.3	88.6	88.8	88.9	89.0	89.1	89.4	88.8	89.4	88.3	88.7	88.5	88.7	88.3	87.4	87.4	87.0	86.3	86.1	84.7	83.6	81.7	
4	81.4	83.5	84.1	85.9	86.1	87.0	87.4	87.6	87.5	87.1	87.9	88.4	88.5	88.6	88.8	89.1	89.0	88.8	89.1	88.3	88.4	88.0	87.7	87.9	87.1	87.0	86.7	86.1	84.3	83.7	81.9		
5	81.6	83.1	84.2	85.8	87.1	87.0	87.2	88.1	87.4	88.5	88.8	88.2	88.5	88.5	89.1	88.7	88.1	89.3	88.7	88.2	88.1	88.3	87.6	87.6	87.6	87.8	87.0	86.7	84.8	84.7	83.6	81.7	
6	81.3	82.6	84.2	85.1	86.4	87.1	86.9	88.0	87.5	88.6	88.3	88.0	88.1	87.8	88.3	88.9	88.6	89.0	87.9	88.5	87.8	87.9	87.5	87.2	87.4	87.1	87.1	85.9	85.1	84.4	83.2	81.2	
7	81.0	82.6	84.3	85.0	86.0	87.0	87.7	86.9	87.5	87.8	87.8	88.0	87.9	87.8	87.3	87.8	88.6	88.1	87.8	87.7	87.3	87.8	87.5	87.2	87.2	86.9	86.3	86.4	85.2	84.0	83.1	81.2	
8	81.1	82.5	83.8	85.1	85.4	86.6	86.7	87.2	87.3	87.5	86.9	87.6	88.1	88.1	88.1	88.3	88.7	87.7	87.6	87.3	88.2	87.5	86.8	86.6	86.7	86.3	86.0	85.2	83.8	83.3	80.8		
9	80.5	82.5	83.5	84.5	85.4	86.4	86.9	86.8	87.2	87.7	87.5	88.0	87.7	87.6	87.7	87.9	88.3	88.3	87.6	86.7	87.5	87.1	86.7	87.0	86.9	86.6	85.9	84.9	84.5	83.1	82.7	81.0	
10	81.2	82.6	83.0	84.0	85.0	85.7	85.9	87.0	86.5	87.9	87.3	87.9	87.3	87.5	87.1	87.7	87.8	87.5	87.0	87.4	87.5	86.8	86.8	87.2	86.3	86.1	85.7	84.8	83.0	82.9	82.0	81.2	
11	80.6	82.1	83.2	83.6	84.7	85.3	85.8	86.7	87.3	87.2	87.1	87.2	87.0	86.9	87.4	87.2	87.3	86.3	87.5	87.5	87.5	86.6	87.4	86.1	86.3	85.1	84.2	84.0	82.8	81.3	80.0		
12	79.3	80.8	82.0	83.0	83.5	84.3	85.1	85.5	86.0	86.2	86.2	86.6	86.7	87.1	86.9	86.4	86.8	86.6	86.9	86.9	86.1	85.9	86.6	85.5	85.1	85.1	84.6	84.4	83.0	82.3	81.1	79.9	
13	79.6	80.5	81.6	82.3	82.5	83.8	84.1	84.2	84.7	85.4	85.1	85.9	86.2	86.0	86.2	86.4	86.8	85.8	86.0	85.7	85.3	85.9	84.7	84.8	84.7	84.2	83.7	82.5	82.1	82.1	80.9	79.7	
14	79.4	79.8	80.4	81.3	82.6	83.4	82.9	83.8	84.2	84.5	84.8	84.5	85.3	84.4	85.0	85.3	85.4	85.2	84.8	85.1	84.8	84.6	84.3	84.0	83.7	83.4	82.6	81.9	81.2	80.6	79.1	78.9	
15	77.3	78.3	79.5	80.8	81.5	81.0	82.2	82.8	83.0	83.6	83.0	83.3	83.0	83.4	84.1	83.9	83.5	84.0	83.9	83.3	83.0	83.4	82.7	82.4	82.3	82.6	81.5	81.6	80.2	78.4	77.4		
16	77.9	78.7	79.6	80.2	79.8	80.6	80.6	80.8	81.7	82.1	82.2	82.6	82.5	82.3	82.7	82.0	82.6	81.9	82.2	81.5	82.2	82.2	81.0	80.7	80.6	80.2	79.8	79.3	79.0	76.7			

Dosis medida con MatrxX + MultiCube (cGy): DM _i (0°)																																	
Detector	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	77.9	78.7	79.3	79.8	80.3	80.6	81.0	81.3	81.3	81.6	81.7	81.9	81.9	82.1	82.1	82.2	82.1	82.0	81.9	81.7	81.5	81.3	81.1	80.8	80.5	80.2	79.8	79.3	78.8	78.0			
15	77.5	78.9	79.7	80.5	81.1	81.5	81.9	82.3	82.5	82.7	83.0	83.0	83.1	83.2	83.3	83.5	83.5	83.4	83.3	83.2	83.0	82.9	82.6	82.4	82.2	81.9	81.6	81.3	80.6	80.1	79.2	78.2	
14	78.2	79.7	80.9	81.7	82.1	82.7	83.0	83.5	83.7	83.9	84.2	84.2	84.3	84.4	84.5	84.6	84.6	84.5	84.4	84.3	84.2	84.0	83.7	83.6	83.3	83.1	82.8	82.4	81.8	81.2	80.1	79.0	
13	78.9	80.1	81.6	82.4	82.9	83.4	83.8	84.2	84.6	84.7	84.9	85.0	85.1	85.2	85.3	85.4	85.4	85.3	85.2	85.0	84.9	84.7	84.5	84.3	84.0	83.6	83.1	82.5	81.9	81.2	80.3		
12	79.5	80.9	82.1	82.9	83.6	84.0	84.4	84.9	85.2	85.3	85.6	85.6	85.7	85.8	85.8	86.0	86.0	85.9	85.9	85.8	85.7	85.5	85.3	85.2	84.9	84.6	84.3	83.8	83.1	82.5	81.4	80.3	
11	79.8	81.3	82.5	83.4	83.9	84.5	85.1	85.4	85.7	85.9	86.0	86.1	86.1	86.2	86.3	86.4	86.4	86.3	86.3	86.2	86.0	86.0	85.8	85.6	85.2	84.9	84.3	83.6	82.9	81.9	80.7		
10	80.2	81.7	82.9	83.7	84.4	84.9	85.4	85.8	86.0	86.2	86.3	86.4	86.5	86.6	86.7	86.8	86.8	86.8	86.7	86.7	86.6	86.5	86.3	86.1	85.9	85.6	85.3	84.8	84.1	83.3	82.2	81.1	
9	80.6	82.0	83.2	84.0	84.6	85.2	85.7	86.0	86.2	86.4	86.5	86.6	86.7	86.8	86.9	87.0	87.0	87.0	86.9	86.8	86.7	86.6	86.4	86.2	86.0	85.7	85.4	84.9	84.2	83.4	82.3	81.2	
8	80.8	82.2	83.5	84.3	85.0	85.6	86.0	86.2	86.5	86.7	86.8	87.0	87.1	87.2	87.3	87.5	87.6	87.4	87.3	87.2	87.1	87.0	86.8	86.6	86.5	86.1	85.9	85.4	84.7	84.0	82.9	81.6	
7	81.0	82.4	83.6	84.5	85.1	85.7	86.1	86.4	86.7	86.8	87.0	87.3	87.4	87.5	87.6	87.7	87.8	87.6	87.6	87.4	87.2	87.0	86.8	86.7	86.3	86.0	85.6	84.9	84.2	83.1	81.9		
6	81.3	82.7	83.8	84.7	85.4	86.0	86.3	86.6	86.8	87.0	87.3	87.5	87.6	87.7	87.8	88.0	88.0	88.0	87.9	87.8	87.6	87.4	87.2	87.0	86.8	86.6	86.3	85.9	85.2	84.1	83.0		
5	81.3	82.8	84.0	84.9	85.4	86.0	86.4	86.7	86.9	87.2	87.6	87.7	87.8	88.0	88.2	88.2	88.1	88.0	87.9	87.7	87.7	87.3	87.1	87.0	86.5	86.3	85.9	85.2	84.3	83.5	82.2		
4	81.6	83.0	84.2	85.0	85.6	86.1	86.5	86.8	87.1	87.5	87.7	87.9	88.0	88.0	88.1	88.1	88.0	88.0	87.9	87.8	87.5	87.2	87.0	86.7	86.4	86.0	85.2	84.6	83.6	82.3			
3	81.8	83.1	84.3	85.2	85.7	86.1	86.6	86.8	87.2	87.6	87.8	88.0	88.0	88.1	88.1	88.1	88.0	88.0	87.9	88.0	87.6	87.4	87.1	86.8	86.5	86.0	85.3	84.7	83.6	82.3			
2	81.9	83.2	84.3	85.2	85.7	86.1	86.6	86.8	87.2	87.6	87.8	88.0	88.0	88.1	88.1	88.1	88.0	88.0	87.9	88.0	87.6	87.4	87.1	86.8	86.5	86.0	85.3	84.7	83.6	82.3			
1	82.0	83.3	84.4	85.3	85.9	86.3	86.8	87.1	87.4	87.6	87.9	88.2	88.1	88.1	88.4	88.3	88.2	88.2	88.2	88.3	88.3	88.1	87.8	87.6	87.4	86.9	86.6	86.2	85.5	84.8	83.9	82.6	
0	81.9	83.2	84.4	85.2	85.9	86.3	86.8	86.9	87.3	87.6	87.7	88.0	88.1	88.3	88.3	88.3	88.2	88.3	88.3	88.3	88.1	87.8	87.6	87.4	86.9	86.6	86.1	85.6	84.8	83.9	82.6		
16	81.9	83.2	84.4	85.2	85.9	86.3	86.8	86.9	87.3	87.6	87.7	88.0	88.1	88.3	88.3	88.3	88.2	88.3	88.3	88.3	88.1	87.8	87.6	87.4	86.9	86.6	86.1	85.6	84.8	83.9	82.6		
15	81.9	83.2	84.4	85.2	85.9	86.3	86.8	86.9	87.3	87.6	87.7	88.0	88.1	88.3	88.3	88.3	88.2	88.3	88.3	88.3	88.1	87.8	87.6	87.4	86.9	86.6	86.1	85.6	84.8	83.9	82.6		
14	81.9	83.2	84.4	85.2	85.9	86.3	86.8	86.9	87.3	87.6	87.7	88.0	88.1	88.3	88.3	88.3	88.2	88.3	88.3	88.3	88.1	87.8	87.6	87.4	86.9	86.6	86.1	85.6	84.8	83.9	82.6		
13	81.8	83.2	84.3	85.2	85.8	86.2	86.7	87.0	87.4	87.6	87.9	88.1	88.3	88.4	88.3	88.4	88.4	88.4	88.4	88.3	88.1	87.8	87.5	87.3	86.9	86.6	86.1	85.5	84.7	83.7	82.3		
12	81.8	83.2	84.3	85.2	85.7	86.2	86.6	87.0	87.2	87.5	87.9	88.1	88.3	88.4	88.3	88.6	88.6	88.6	88.4	88.4	88.3	88.1	87.7	87.6	87.2	86.8	86.6	86.1	85.5	84.7	83.6	82.3	
11	81.8	83.1	83.5	84.3	85.1	85.7	86.2	86.6	86.9	87.2	87.5	87.8	88.0	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.0	87.7	87.6	87.2	86.8	86.6	86.1	85.5	84.7	83.6	82.3		
10	81.6	83.0	84.2	85.0	85.7	86.3	86.7	87.0	87.4	87.5	87.7	88.1	88.4	88.5	88.6	88.6	88.7	88.6	88.5	88.4	88.2	88.0	87.6	87.4	87.1	86.8	86.5	86.0	85.4	84.5	83.4	82.1	
9	81.5	82.9	84.0	84.9	85.6	86.2	86.5	86.8	87.0	87.4	87.6	87.8	88.1	88.3	88.4	88.4	88.5	88.7	88.3	88.1	87.8	87.7	87.5	87.4	87.1	86.8	86.5	85.9	85.2	84.4	83.3	81.9	
8	81.3	82.7	83.8	84.7	85.4	86.0	86.4	86.8	86.9	87.1	87.5	87.6	87.9	88.0	88.1	88.2	88.2	88.2	88.1	87.9	87.7	87.5	87.3	87.1	86.7	86.4	85.7	85.1	84.2	82.9	81.7		
7	81.3	82.4	83.6	84.5	85.2	85.8	86.2	86.5	86.8	87.0	87.4	87.6	87.8	88.0	88.2	88.2	88.2	88.1	88.0	87.9	87.7	87.5	87.3	87.1	86.7	86.4	85.7	85.1	84.2	82.9	81.7		
6	80.8	82.2	83.5	84.2	84.9	85.4	86.0	86.3	86.6	86.8	86.9	87.2	87.5	87.5	87.6	87.6	87.6	87.6	87.4	87.2	87.1	86.9	86.8	86.6	86.3	85.9	85.2	84.3	83.7	82.5	81.2		
5	80.5	81.9	83.1	83.9	84.5	85.2	85.6	86.0	86.3	86.6	86.7	86.8	87.1	87.1	87.1	87.3	87.4	87.2	87.1	87.0	86.9	86.8	86.7	86.5	86.2	86.0	85.4	84.8	84.3	83.2	80.8		
4	80.5	81.9	83.2	84.0	84.6	85.3	85.7	86.1	86.4	86.7	86.8	87.1	87.1	87.1	87.3	87.4	87.2	87.1	87.0	86.9	86.8	86.7	86.5	86.2	86.0	85.4	84.8	84.3	83.2	80.8			
3	79.7	81.0	82.2	82.9	83.6	84.1	84.4	84.8	85.2	85.3	85.6	85.8	86.1	86.1	86.1	86.3	86.4	86.2	86.2	86.1	86.0	85.8	85.5	85.3	85.1	84.7	84.3	83.9	83.2	82.4	81.3	79.9	
2	79.0	80.4	81.6	82.2	82.9	83.3	83.6	84.0	84.3	84.5	84.8	85.0	85.2	85.3	85.3	85.5	85.5	85.5	85.4	85.3	85.2	85.1	84.8	84.6	84.3	84.0	83.6	83.2	82.6	81.9	80.7	79.4	
1	78.2	79.4	80.6	81.2	81.8	82.2	82.5	82.8	83.1	83.2	83.3	83.4	83.5	83.5	83.6	83.7	83.7	83.7	83.6	83.5	83.4	83.3	83.2	83.1	83.0	82.9	82.8	82.7	82.6	82.5	82.4	82.3	
0	78.6	78.3	79.1	79.8	80.4	80.8	81.3	81.6	81.9	82.1	82.3	82.5	82.7	82.9	82.9	83.2	83.2	83.0	82.9	82.9	82.8	82.6	82.3	82.2	82.0	81.7	81.3	80.9	80.3	79.6	78.8		

$FC_{ij}(5^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(5^\circ)$																														
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	77.4	78.2	79.4	79.5	80.6	81.4	81.3	82.3	82.6	82.9	83.1	83.1	83.6	83.6	84.5	84.3	84.5	83.9	84.5	84.3	84.6	84.2	84.5	83.9	83.7	83.5	83.3	82.5	81.8	80.8	80.8	79.8
15	78.3	79.4	80.0	80.5	82.0	81.9	82.5	83.0	83.6	84.2	84.4	84.0	85.3	85.4	85.3	85.8	85.6	86.2	86.4	86.5	85.9	86.5	86.6	86.3	86.8	85.8	85.3	84.8	83.9	82.6	82.0	80.4
14	78.6	79.7	80.5	81.7	82.5	83.8	83.4	84.2	84.0	85.3	85.4	85.3	85.8	85.6	86.2	86.4	86.5	85.9	86.5	86.6	86.3	86.8	85.8	85.3	84.8	83.9	82.6	82.0	80.4	80.4	79.7	79.3
13	78.9	80.3	81.3	82.0	82.7	83.1	83.9	85.2	85.2	85.4	85.7	86.3	86.0	86.7	87.1	86.8	86.9	86.7	86.6	86.2	86.6	86.2	86.7	86.6	86.6	85.8	85.6	84.8	84.0	84.1	83.0	81.0
12	79.2	80.5	81.5	82.3	83.4	84.0	84.8	85.2	85.4	85.8	86.2	86.6	86.2	86.8	87.6	86.9	87.6	87.2	87.3	87.3	87.9	87.4	87.3	87.8	87.4	86.5	86.2	85.7	84.8	84.6	82.9	81.5
10	79.6	81.3	81.9	82.6	83.1	84.9	85.2	85.7	86.0	86.2	86.4	86.2	86.8	86.7	87.0	87.7	88.0	88.3	87.7	87.9	87.8	87.3	86.7	86.3	87.1	86.7	86.0	85.0	84.4	83.6	81.4	80.2
9	79.8	81.8	82.3	83.2	84.0	84.8	85.6	85.5	86.6	86.6	86.6	86.9	86.6	87.8	87.3	88.5	87.6	88.3	87.6	88.5	87.5	87.9	87.7	88.5	88.1	87.5	86.7	86.5	85.8	84.8	84.0	81.4
8	80.2	81.8	82.9	84.1	84.3	85.1	86.0	85.7	86.7	86.5	87.6	87.2	87.4	87.5	87.5	88.3	88.2	88.2	87.9	88.7	88.2	88.0	88.5	88.7	88.4	87.5	87.4	86.4	85.6	85.2	84.2	82.7
7	80.3	81.7	83.2	83.8	84.8	86.0	86.3	86.7	86.7	86.6	87.3	87.4	87.4	87.9	88.2	88.4	88.4	88.5	87.9	88.2	88.5	88.1	88.2	88.6	88.0	87.9	87.5	87.0	86.4	85.4	84.4	82.0
6	81.0	82.1	83.5	84.0	85.3	86.1	86.5	87.0	86.5	86.9	87.6	88.0	87.8	88.6	88.7	88.5	88.9	88.0	88.4	88.8	88.7	87.9	88.7	88.5	88.7	88.0	87.9	86.9	85.7	84.1	82.7	81.2
4	80.8	82.0	83.5	84.1	84.9	85.6	85.9	86.5	86.6	87.4	87.4	88.2	88.1	88.5	88.6	88.8	88.6	88.4	88.9	89.2	89.5	88.8	88.4	89.0	88.9	88.5	87.7	88.0	87.1	85.6	84.5	83.2
3	80.1	82.6	83.0	84.3	85.4	86.2	86.5	87.2	87.0	87.1	87.7	88.9	88.2	88.3	88.8	89.2	89.1	89.0	89.1	89.2	88.7	88.8	89.0	88.9	88.6	88.9	88.5	87.8	87.3	85.6	84.2	82.7
2	81.2	82.1	83.8	84.6	85.3	86.0	86.3	86.5	86.5	87.6	87.8	88.2	88.2	89.0	89.3	89.2	89.0	88.6	89.0	89.5	88.8	89.0	88.9	88.4	89.2	88.6	87.6	88.0	86.6	85.5	84.6	82.4
1	80.8	82.7	84.4	85.0	85.3	85.8	86.0	86.2	87.0	87.8	87.5	88.9	88.1	88.6	88.7	88.3	88.7	88.8	89.5	89.2	89.6	89.0	88.5	88.8	88.8	88.3	88.2	88.0	87.1	86.1	85.0	82.5
1	81.0	82.4	83.5	85.2	85.4	85.9	86.2	86.5	86.8	87.5	87.7	87.8	87.9	88.5	88.2	88.8	89.1	88.7	89.0	89.6	88.9	88.3	88.6	88.9	88.6	88.0	88.7	88.0	86.8	86.1	84.6	82.8
3	80.4	81.9	83.7	85.3	85.3	85.3	85.6	86.6	87.1	87.1	87.7	88.0	88.2	88.5	88.4	89.0	88.2	88.9	88.8	89.1	89.2	88.7	88.5	88.5	88.3	87.8	87.8	87.5	85.6	84.5	82.8	81.4
4	81.1	82.2	83.3	84.4	85.1	86.2	86.2	86.6	87.0	86.8	87.6	87.9	88.0	88.3	88.4	89.0	88.6	88.6	88.6	88.5	88.6	88.9	88.6	88.8	88.2	88.9	87.7	87.9	87.0	85.5	84.4	82.5
5	80.6	81.9	82.9	84.0	84.6	85.2	86.0	86.1	86.7	86.8	87.1	87.5	88.3	87.9	88.8	88.8	88.8	88.5	88.7	88.0	88.5	88.3	87.6	88.6	88.4	88.1	88.6	87.1	86.5	86.3	84.6	82.3
6	80.4	81.8	83.0	84.0	85.1	85.7	86.2	86.0	87.3	86.7	87.0	87.2	87.9	88.1	88.1	88.4	89.0	88.7	88.4	88.4	88.5	88.7	88.5	87.9	87.9	87.8	87.2	86.6	86.0	84.5	82.1	80.6
7	80.0	81.8	83.0	83.5	84.9	85.2	86.0	86.0	86.9	87.6	87.1	87.3	87.6	87.5	88.0	87.9	87.8	88.4	88.2	88.1	88.0	88.3	88.6	88.3	87.5	87.5	88.0	86.8	86.1	85.5	84.2	82.9
8	79.9	80.5	82.8	83.3	84.1	85.7	86.3	86.0	86.2	86.8	86.6	87.1	87.5	88.1	87.7	87.9	88.2	87.8	88.0	87.7	88.2	88.0	87.8	87.3	86.6	85.5	85.1	83.6	81.4	80.2	80.0	79.7
9	79.8	81.4	82.7	83.1	83.7	85.2	85.8	85.7	85.2	87.0	86.4	87.3	87.4	87.3	87.1	87.8	87.7	87.8	88.1	87.7	87.7	87.2	87.9	88.1	87.5	87.6	86.9	86.6	85.5	84.5	83.5	81.4
10	79.4	81.1	81.7	82.7	82.7	84.1	85.4	85.2	85.5	86.1	86.3	87.7	87.9	86.0	86.4	85.7	85.9	86.0	86.4	85.5	86.2	86.8	86.8	86.9	86.9	87.0	86.4	86.1	85.6	84.8	84.7	82.6
11	78.4	79.9	81.7	82.7	83.1	83.6	84.6	85.3	85.5	86.3	85.9	86.8	86.5	86.6	87.1	87.4	86.6	86.7	86.8	86.8	87.2	87.2	86.4	86.6	85.7	85.0	84.0	85.2	85.1	84.0	82.5	80.7
12	78.8	79.7	80.5	82.2	82.8	83.1	82.9	83.9	84.4	85.4	85.3	86.1	86.4	86.2	86.7	86.7	86.5	86.9	86.2	86.7	86.7	86.0	86.4	86.5	85.3	85.8	85.2	84.6	84.5	83.7	82.0	80.2
13	78.1	79.2	79.9	81.2	81.9	81.9	82.8	83.0	83.6	83.9	84.3	84.7	84.4	85.1	85.8	85.3	85.1	85.6	85.8	86.2	85.1	85.3	84.6	84.8	84.4	83.8	84.2	83.9	82.9	82.5	81.0	80.0
14	77.2	78.1	78.5	79.8	81.0	81.3	82.0	82.5	82.8	83.3	83.0	83.1	83.4	84.1	84.7	84.4	84.5	84.6	84.5	84.4	84.2	84.7	84.7	83.4	83.4	83.1	82.6	82.5	82.0	80.7	79.7	79.3
15	75.8	76.9	77.9	78.2	79.0	80.0	80.5	80.5	80.9	81.4	81.9	81.8	82.2	82.5	82.3	82.4	82.5	83.3	82.5	82.8	83.3	83.1	82.6	82.3	82.5	81.8	81.5	80.8	80.8	80.0	79.4	77.7
16	75.2	75.8	77.0	77.4	77.8	79.0	79.3	79.3	80.0	80.1	81.9	80.0	80.0	80.2	80.6	80.8	81.1	80.8	80.2	80.6	80.8	81.1	80.8	80.9	80.3	79.7	79.5	78.9	78.6	77.2	76.0	74.2

Dosis medida con <i>Matrix</i> + <i>MultiCalc</i> (cGy): $DM_{ij}(5^\circ)$																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	76.4	77.3	77.9	79.0	79.5	79.7	79.5	79.8	80.3	80.5	80.8	81.1	81.3	81.4	81.7	81.8	82.0	82.0	82.0	82.0	81.9	81.9	81.8	81.6	81.5	81.3	81.1	80.8	80.4	79.8	79.0	78.0
15	76.1	77.4	78.2	79.0	79.7	80.2	80.7	81.2	81.5	81.8	82.1	82.3	82.6	82.8	83.0	83.1	83.3	83.4	83.4	83.4	83.3	83.1	83.1	82.9	82.8	82.6	82.2	81.8	80.5	79.5	78.5	
14	76.9	78.1	79.4	80.1	80.7	81.3	81.8	82.2	82.7	83.0	83.3	83.5	83.7	83.9	84.2	84.3	84.4	84.5	84.5	84.5	84.4	84.4	84.3	84.3	84.1	84.0	83.7	83.5	83.0	82.5	81.4	80.4
13	77.4	78.0	80.0	80.8	81.7	82.1	82.6	83.1	83.6	83.8	84.0	84.6	84.7	84.9	85.1	85.2	85.5	85.7	85.8	85.9	86.0	86.0	86.0	86.0	85.9	85.7	85.3	85.0	84.4	83.8	82.9	81.7
12	78.1	79.3	80.5	81.3	82.1	82.7	83.2	83.6	84.1	84.4	84.7	84.9	85.1	85.2	85.5	85.7	85.8	85.9	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	85.9	85.7	85.3	85.0	84.4	83.8	82.9	81.7
11	78.3	79.7	80.9	81.9	82.5	83.1	83.7	84.2	84.5	84.9	85.2	85.3	85.5	85.7	86.0	86.2	86.4	86.4	86.5	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6
10	78.5	80.1	81.3	82.1	82.7	83.2	83.6	84.1	84.4	84.7	84.9	85.1	85.2	85.5	85.7	86.0	86.2	86.4	86.4	86.5	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6
9	79.0	80.4	81.6	82.5	83.2	83.8	84.4	84.8	85.2	85.4	85.7	86.0	86.2	86.5	86.7	86.8	86.9	87.1	87.1	87.2	87.2	87.3	87.3	87.2	87.1	86.9	86.8	86.3	85.8	85.1	84.1	82.9
8	79.3	80.6	81.8	82.8	83.5	84.1	84.5	85.0	85.3	85.6	86.0	86.2	86.5	86.8	87.0	87.1	87.4	87.5	87.5	87.5	87.6	87.6	87.6	87.4	87.4	87.2	87.0	86.6	86.0	85.3	84.4	83.1
7	79.5	80.8	82.1	83.0	83.6	84.3	84.8	85.3	85.6	86.0	86.2	86.5	86.8	87.0	87.1	87.4	87.6	87.7	87.7	87.8	87.8	87.7	87.6	87.6	87.6	87.4	87.2	86.8	86.2	85.6	84.5	83.3
6	79.7	81.0	82.2	83.1	83.7	84.4	84.9	85.3	85.6	86.0	86.2	86.5	86.8	87.0	87.1	87.4	87.6	87.7	87.7	87.8	87.8	87.7	87.6	87.6	87.6	87.4	87.2	86.8	86.2	85.6	84.5	83.3
5	79.9	81.3	82.4	83.3	83.9	84.5	85.0	85.4	85.8	86.2	86.7	87.0	87.2	87.7	87.8	88.0	88.1	88.1	88.2	88.2	88.3	88.3	87.9	87.9	87.9	87.6	87.5	87.1	86.6	85.9	84.9	83.6
4	80.1	81.4	82.6	83.4	84.0	84.6	85.1	85.5	86.0	86.5	86.8	87.1	87.3	87.5	87.7	87.8	88.0	88.1	88.2	88.3	88.4	88.4	88.2	88.0	87.9	87.7	87.6	87.2	86.7	86.0	85.1	83.8
3	80.3	81.7	82.9	83.7	84.3	84.9	85.4	85.8	86.3	86.7	87.0	87.3	87.5	87.7	87.8	88.0	88.1	88.2	88.3	88.4	88.4	88.2	88.0	87.9	87.7	87.6	87.2	86.7	86.0	85.1	83.8	
2	80.4	81.6	82.7	83.6	84.2	84.7	85.3	85.7	86.2	86.6	86.8	87.3	87.5	87.6	87.8	87.9	88.1	88.2	88.4	88.6	88.6	88.4	88.3	88.2	87.9	87.6	87.4	86.8	86.1	85.2	84.0	
1	80.5	81.7	82.9	83.7	84.4	84.8	85.4	85.9	86.2	86.6	86.9	87.4	87.5	87.6	87.9	88.0	88.1	88.2	88.4	88.5	88.5	88.7	88.7	88.5	88.4	88.3	87.8	87.6	86.9	86.2	85.4	84.1
0	80.6	81.8	82.7	83.6	84.2	84.6	85.1	85.6	86.0	86.3	86.7	87.1	87.2	87.3	87.5	87.6	87.7	87.8	87.9	88.0	88.0	88.1	88.1	88.0	87.9	87.8	87.7	87.6	87.5	87.4	87.3	
0	80.7	81.9	82.8	83.7	84.3	84.7	85.2	85.6	86.0	86.3	86.7	87.1	87.2	87.3	87.5	87.6	87.7	87.8	87.9	88.0	88.0	88.1	88.1	88.0	87.9	87.8	87.7	87.6	87.5	87.4	87.3	
0	80.8	81.6	82.7	83.6	84.2	84.6	85.2	85.6	86.0	86.3	86.7	87.1	87.2	87.3	87.5	87.6	87.7	87.8	87.9	88.0	88.0	88.1	88.1	88.0	87.9	87.8	87.7	87.6	87.5	87.4	87.3	
0	80.9	81.7	82.8	83.7	84.3	84.7	85.3	85.7	86.1	86.4	86.8	87.2	87.3	87.4	87.6	87.7	87.8	87.9	88.0	88.0	88.1	88.1	88.0	87.9	87.8	87.7	87.6	87.5	87.4	87.3		
0	81.0	81.8	82.6	83.4	84.0	84.4	85.0	85.4	85.8	86.2	86.5	86.8	87.4	87.7	88.0	88.4	88.6	88.6	88.7	88.7	88.8	88.8	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.2	88.1	87.9	87.6	87.4
0	81.1	81.9	82.4	83.3	84.1	84.7	85.2	85.6	86.0	86.3	86.7	87.0	87.3	87.7	88.1	88.3	88.4	88.4	88.5	88.5	88.5	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	87.4	87.1	
0	81.2	81.9	82.2	83.1	83.8	84.3	84.8	85.3	85.7	86.1	86.4	86.8	87.1	87.4	87.8	88.1	88.3	88.4	88.4	88.5	88.5	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	87.4	87.1	
0	81.3	82.0	82.5	83.4	84.2	84.8	85.2	85.6	86.0	86.3	86.7	87.0	87.3	87.7	88.1	88.3	88.4	88.4	88.5	88.5	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	87.4	87.1		
0	81.4	82.1	82.6	83.5	84.3	84.9	85.4	85.8	86.2	86.5	86.9	87.2	87.5	87.9	88.3	88.5	88.6	88.6	88.7	88.7	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	87.4	
0	81.5	82.2	82.7	83.6	84.4	85.0	85.5	85.9	86.3	86.6	87.0	87.3	87.6	88.0	88.2	88.4	88.5	88.5	88.6	88.6	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	87.4		
0	81.6	82.3	82.8	83.7	84.5	85.1	85.6	86.0	86.3	86.7	87.0	87.3	87.6	88.0	88.2	88.4	88.5	88.5	88.6	88.6	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	87.4		
0	81.7	82.4	82.9	83.8	84.6	85.2	85.7	86.1	86.4	86.8	87.1	87.4	87.7	88.1	88.3	88.5	88.6	88.6	88.7	88.7	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	87.4	
0	81.8	82.5	83.0	83.9	84.7	85.3	85.8	86.2	86.5	86.9	87.2	87.5	87.8	88.2	88.4	88.6	88.7	88.7	88.8	88.8	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	
0	81.9	82.6	83.1	84.0	84.8	85.4	85.9	86.3	86.6	87.0	87.3	87.6	88.0	88.2	88.4	88.6	88.7	88.7	88.8	88.8	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	
0	82.0	82.7	83.2	84.1	84.9	85.5	86.0	86.4	86.7	87.1	87.4	87.7	88.1	88.3	88.5	88.7	88.8	88.8	88.9	88.9	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	
0	82.1	82.8	83.3	84.2	85.0	85.6	86.0	86.3	86.7	87.0	87.3	87.6	88.0	88.2	88.4	88.6	88.7	88.7	88.8	88.8	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	87.6	
0	82.2	82.9	83.4	84.3	85.1	85.7	86.1	86.4	86.8	87.1	87.4	87.7	88.1	88.3	88.5	88.7	88.8	88.8	88.9	88.9	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	87.8	
0	82.3	83.0	83.5	84.4	85.2	85.8	86.2	86.5	86.9	87.2	87.5	87.8	88.2	88.4	88.6	88.8	88.9	88.9	89.0	89.0	89.0	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	
0	82.4	83.1	83.6	84.5	85.3	85.9	86.3	86.6	87.0	87.3	87.6	88.0	88.2	88.4	88.6	88.8	88.9	88.9	89.0	89.0	89.0	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	
0	82.5	83.2	83.7	84.6	85.4	86.0	86.4	86.7	87.1	87.4	87.7	88.1	88.3	88.5	88.7	88.9	88.9	89.0	89.0	89.0	89.0	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	
0	82.6	83.3	83.8	84.7	85.5	86.1	86.5	86.8	87.2	87.5	87.8	88.2	88.4	88.6	88.8	88.9	88.9	89.0	89.0	89.0	89.0	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	
0	82.7	83.4	83.9	84.8	85.6	86.2	86.6	87.0	87.3	87.6	88.0	88.2	88.4	88.6	88.8	88.9	88.9	89.0	89.0	89.0	89.0	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	
0	82.8	83.5	84.0	84.9	85.7	86.3	86.7	87.1	87.4	87.7	88.1	88.3	88.5	88.7	88.9	88.9	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	
0	82.9	83.6	84.1	85.0	85.8	86.4	86.8	87.2	87.5	87.8	88.2	88.4	88.6	88.8	88.9	88.9	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	
0	83.0	83.7	84.2	85.1	85.9	86.5	86.9	87.3	87.6	88.0	88.2	88.4	88.6	88.8	88.9	88.9	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	88.9	88.8	88.7	88.6	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1	88.0	
0	83.1	83.8	84.3	85.2	86.0	86.6	87.0	87.3	87.6	88.0	88.2	88.4	88.6	88.8	88.9	88.9	89.0	8														

$FC_{ij}(10^\circ)$

Datos calculada con TPS (CG): $DC_{ij}(10^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	75.2	75.5	77.2	77.0	78.5	78.7	79.1	79.5	80.6	80.4	80.5	81.3	82.0	81.3	82.2	82.9	82.7	82.5	82.8	82.7	82.8	82.5	82.8	83.0	82.8	82.0	81.9	81.9	81.6	80.4			
15	74.3	75.9	76.4	77.6	78.5	78.9	80.4	80.3	80.9	81.4	81.9	82.4	83.4	83.1	83.6	83.4	84.2	83.8	84.1	84.2	84.7	84.9	85.1	84.6	84.4	84.0	83.6	83.0	83.2	82.2	81.5		
14	75.1	76.6	77.9	78.4	79.2	80.4	80.8	82.2	82.1	83.4	82.9	83.8	84.2	83.1	84.0	83.9	84.2	85.1	84.5	86.0	86.4	86.7	86.5	85.8	85.6	85.6	85.7	85.3	84.8	83.2	82.7		
13	75.5	75.1	79.6	80.4	80.9	81.2	81.8	82.6	83.8	83.4	84.5	84.9	85.3	85.2	85.4	86.0	86.0	86.0	86.4	86.7	86.8	86.7	86.5	86.1	86.2	85.9	85.9	85.0	84.3	83.2	82.7		
12	76.2	77.3	79.0	79.7	81.0	81.7	82.3	82.8	83.4	84.3	84.5	84.7	85.2	85.8	85.7	86.2	86.8	87.0	86.8	86.6	87.1	86.8	86.9	87.3	86.5	86.7	86.8	86.4	85.7	85.0	84.5	84.0	
11	76.6	77.5	79.5	80.8	81.4	82.7	83.2	83.9	84.2	84.5	84.6	85.8	85.3	85.2	86.0	86.5	86.7	87.1	87.4	87.5	87.5	87.1	87.0	87.7	87.2	87.6	87.0	86.8	86.7	86.6	84.5	83.8	
10	76.5	78.5	79.8	80.3	81.4	83.0	84.1	84.3	83.9	84.7	84.9	85.7	85.8	86.1	86.0	86.7	87.3	87.7	87.6	87.8	88.0	88.5	88.7	88.5	87.8	88.0	87.6	87.0	85.8	85.6	83.9		
9	77.1	79.2	80.5	81.4	82.4	83.2	83.4	84.1	84.6	84.6	85.2	85.5	86.5	86.5	86.8	87.1	87.4	87.7	87.6	88.6	88.6	88.3	88.8	88.8	88.2	88.2	88.4	87.6	88.1	87.3	86.4	86.1	83.9
8	77.2	79.0	80.6	80.8	82.4	83.5	83.9	84.6	84.5	85.4	85.0	85.7	86.7	87.0	87.1	87.8	88.1	87.8	88.0	88.3	88.4	88.3	89.2	88.8	88.3	88.4	88.0	88.3	87.6	87.1	85.0	84.2	
7	77.5	79.5	80.9	81.8	83.1	83.5	83.9	85.5	84.5	85.2	85.9	86.1	86.4	86.7	87.1	88.0	88.1	88.4	88.1	88.8	88.8	88.7	88.8	89.0	88.7	88.8	88.0	88.7	88.0	87.3	86.1	84.8	
6	77.9	79.4	80.9	82.0	82.8	83.9	84.6	84.7	85.2	85.3	86.6	87.2	87.3	87.5	87.4	88.8	88.1	88.7	88.3	88.6	88.3	88.9	89.6	89.1	89.2	89.3	88.3	88.7	87.4	86.9	85.3		
5	77.9	79.6	80.8	81.8	82.8	83.2	84.1	84.8	84.9	85.9	86.7	86.6	87.1	87.4	87.8	88.1	88.6	89.2	88.4	88.6	88.3	88.7	89.0	89.3	89.6	88.7	89.0	88.8	87.2	86.1	85.1		
4	78.2	79.2	81.2	82.4	83.2	83.9	84.4	85.2	85.4	85.6	86.8	86.8	87.1	88.0	87.8	87.8	87.9	89.1	89.0	89.1	88.8	89.2	89.5	89.1	89.2	89.3	89.3	89.0	88.2	87.9	86.1	85.0	
3	78.4	79.9	81.2	82.6	83.4	83.6	85.2	84.6	85.5	86.0	86.3	86.3	87.1	87.6	87.8	88.2	89.1	89.5	89.1	89.0	88.6	89.5	89.2	89.4	89.2	89.2	89.6	89.2	88.9	88.0	86.5	85.4	
2	78.3	79.8	81.2	82.6	83.2	83.6	84.6	85.4	85.2	86.0	87.0	87.2	87.2	87.7	88.5	87.9	88.9	88.8	89.7	89.1	89.1	89.0	89.1	89.3	88.9	89.2	89.4	88.8	88.9	88.1	87.1	85.1	
1	78.2	79.6	81.1	82.2	83.0	84.5	84.3	85.5	85.6	85.7	86.7	87.3	86.8	87.8	87.9	88.0	88.1	89.0	88.8	89.2	89.5	88.9	89.6	89.4	89.3	89.4	89.3	88.8	88.6	87.8	86.7	85.4	
1	78.6	79.5	81.2	82.1	83.2	84.0	84.9	85.3	85.8	86.3	86.6	87.1	86.9	88.1	87.9	88.1	88.3	89.0	89.2	89.7	89.4	89.3	89.6	89.9	89.8	89.4	89.1	88.8	88.0	87.5	86.1	84.8	
2	78.1	79.5	81.5	82.2	83.2	84.1	84.4	85.2	86.0	86.2	86.2	87.1	86.8	87.5	88.0	88.4	88.2	88.8	88.9	89.6	89.1	89.6	89.2	89.0	89.3	89.8	88.8	88.9	87.4	86.6	84.7		
3	78.0	80.2	81.0	81.8	83.0	83.9	84.3	85.1	85.6	85.6	86.3	86.9	87.1	87.1	87.6	88.3	89.0	89.2	88.9	88.9	89.1	89.0	89.1	89.7	88.9	89.5	89.0	88.7	88.6	87.8	86.2	85.6	
4	78.4	79.1	80.7	82.6	83.5	83.9	84.9	85.1	85.5	86.5	86.3	86.8	87.3	87.9	87.9	88.2	88.3	88.9	88.4	88.6	89.4	88.8	89.0	89.4	89.0	88.6	88.8	88.5	88.2	87.6	86.5	85.1	
5	77.7	79.9	80.6	82.0	83.1	83.9	85.0	85.1	84.9	85.6	86.0	86.5	86.9	87.1	87.3	87.8	88.4	88.5	88.7	89.2	88.8	89.2	88.9	89.1	88.5	89.0	88.8	88.6	87.3	86.4	85.0		
6	77.1	79.5	80.5	82.0	83.3	83.8	84.4	85.1	85.2	85.8	86.3	86.2	86.7	86.9	87.1	87.8	87.9	88.0	88.3	88.7	88.8	89.2	89.0	89.2	89.2	89.3	88.8	88.6	87.8	86.8	86.4	84.4	
7	77.8	79.0	80.5	81.9	83.0	83.5	84.6	84.8	85.0	85.8	86.0	86.2	86.4	87.3	87.1	87.4	87.4	87.5	88.1	87.7	88.3	88.2	89.1	88.9	88.2	88.8	89.0	88.0	88.2	86.0	86.2	84.1	
8	77.1	79.4	80.3	81.0	82.1	83.3	84.2	85.0	85.4	85.5	86.3	86.3	87.2	87.1	87.8	88.0	88.1	88.3	88.5	88.7	88.8	89.0	88.7	88.8	88.7	88.8	88.7	87.7	87.2	85.3	84.3		
9	76.9	79.9	79.9	80.4	81.9	82.6	83.3	84.6	85.2	85.4	85.3	85.8	86.6	86.4	86.6	87.1	87.8	87.5	87.5	87.8	87.8	88.6	87.7	88.6	89.1	88.3	87.9	87.0	87.1	86.0	85.3	83.7	
10	76.8	79.7	80.1	80.8	81.8	82.5	83.2	83.7	84.8	85.4	85.2	85.2	85.9	85.6	85.9	86.1	86.3	86.6	86.8	86.9	87.0	87.2	87.3	87.4	87.7	87.8	87.3	86.8	85.8	84.9	83.7		
11	76.4	77.8	79.0	80.9	81.0	81.9	82.9	83.8	84.0	85.0	84.7	85.3	85.8	86.0	85.9	86.3	86.4	86.6	86.7	86.7	87.1	87.6	87.4	87.4	88.0	87.0	86.9	86.5	85.5	84.3	82.9		
12	75.5	77.2	78.1	79.2	80.4	81.4	81.8	82.3	83.3	83.4	84.1	85.2	85.3	85.8	86.1	86.4	86.6	86.5	86.9	87.1	86.8	86.7	87.0	86.7	86.7	86.6	86.7	86.0	85.4	84.3	82.6		
13	74.7	76.4	78.5	79.2	79.7	80.6	81.3	81.3	82.3	83.0	83.6	84.4	84.4	84.5	85.0	85.3	85.5	85.6	86.2	86.2	86.1	86.4	86.2	86.2	86.1	85.9	85.5	84.9	84.1	83.1	82.2		
14	73.7	76.1	77.1	78.0	79.0	79.4	80.2	80.9	81.5	82.8	81.8	82.2	83.1	84.0	83.9	84.2	85.1	84.8	84.4	84.3	84.3	84.7	84.9	84.9	84.3	84.0	83.8	83.0	82.2	81.1	80.1		
15	74.0	75.4	75.6	77.0	77.5	78.6	78.9	79.5	79.8	80.6	80.5	81.3	81.4	82.1	82.1	82.1	83.1	83.4	82.8	83.3	83.4	83.4	83.7	83.6	83.4	83.4	83.0	82.7	82.4	81.6	81.1	80.1	
16	73.4	74.7	75.5	76.3	76.5	77.2	78.7	78.0	78.9	79.3	79.3	80.0	80.8	81.2	81.6	82.0	82.1	82.5	82.7	82.9	82.9	83.0	83.3	83.2	83.1	83.1	82.9	82.6	82.2	81.7	80.9		

Datos medido con MatrxIX + MultiCube (CG): $DM_{ij}(10^\circ)$																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
16	74.9	76.2	77.7	78.4	79.0	79.6	80.2	80.5	80.9	81.4	81.6	82.0	82.2	82.4	82.8	82.9	83.1	83.2	83.3	83.4	83.4	83.4	83.4	83.9	83.8	83.7	83.6	83.4	82.9	82.6	82.1	81.5	80.5	
15	75.7	76.8	78.1	78.9	79.5	80.1	80.7	81.2	81.7	82.1	82.5	82.8	83.1	83.4	83.7	83.9	84.1	84.2	84.4	84.5	84.5	84.6	84.5	84.6	84.5	84.5	84.3	83.8	83.5	82.5	81.5			
14	76.7	77.9	79.0	80.0	80.8	81.4	81.7	82.3	82.8	83.4	84.1	84.7	85.3	85.9	86.2	86.6	86.9	87.1	87.3	87.8	88.0	88.1	88.1	88.1	88.2	88.1	88.2	88.1	87.4	86.9	85.9	84.8		
13	76.8	78.2	79.0	80.0	80.8	81.4	82.1	82.6	83.1	83.5	83.9	84.2	84.5	84.7	85.0	85.3	85.4	85.7	85.9	86.1	86.1	86.2	86.2	86.3	86.2	86.1	86.1	85.8	85.3	84.9	84.0			

$FC_{ij}(15^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): DC _{ij} (15°)																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
16	73.2	73.9	75.0	75.9	76.5	77.7	77.6	79.0	79.7	79.6	80.1	80.6	81.3	81.8	81.9	82.0	82.0	82.5	82.4	82.8	83.0	83.1	82.7	82.9	82.2	83.0	82.8	81.8	81.6	82.0	82.0	82.0		
15	73.4	74.3	75.0	76.6	76.8	77.4	78.8	79.1	80.5	80.7	80.6	81.4	81.9	82.1	82.6	82.8	82.8	83.1	83.7	83.8	84.1	84.7	85.3	84.9	84.8	84.7	84.8	85.0	84.1	83.4	82.9	82.6		
14	74.6	75.5	76.3	77.1	78.4	78.5	79.1	79.8	80.9	81.3	81.8	82.4	82.9	83.2	84.1	83.8	84.9	84.1	85.1	85.3	85.9	86.2	85.6	86.2	85.8	86.3	85.6	86.1	85.1	84.8	83.6	82.3		
13	74.5	75.7	76.5	77.3	78.9	79.5	80.2	80.9	81.5	81.8	82.5	83.9	84.1	84.0	85.5	85.8	85.9	85.8	86.4	86.4	86.6	86.7	86.2	86.0	86.1	86.6	86.5	86.1	86.1	84.6	83.4	82.4		
12	75.0	77.2	77.6	78.5	79.4	79.6	80.9	81.3	82.3	82.8	83.2	83.8	84.7	84.7	85.3	86.3	86.2	86.5	86.8	87.3	87.3	87.0	87.4	87.0	87.7	87.7	87.3	87.6	87.0	86.3	85.6	84.3		
11	74.9	77.0	77.5	78.6	79.9	80.3	81.9	82.5	83.5	83.3	83.1	84.3	84.3	85.4	85.8	85.9	86.2	86.6	86.7	86.7	87.6	87.8	88.2	89.0	89.2	89.0	87.8	87.6	86.9	85.8	84.7	83.6		
10	75.5	77.8	77.8	79.4	80.4	80.7	81.7	83.4	83.9	83.6	84.2	84.8	84.7	84.6	86.4	85.9	85.7	86.9	87.5	87.6	87.6	88.8	88.9	89.0	89.1	88.9	88.4	88.0	87.8	87.9	86.4	85.8		
9	76.5	77.9	78.1	79.6	80.8	81.7	81.9	82.6	83.5	83.8	84.0	84.9	85.5	85.0	86.4	86.2	86.2	87.2	87.8	87.7	88.6	88.3	89.0	88.9	89.3	89.3	88.9	89.0	88.5	88.2	86.9	85.9		
8	76.1	77.6	78.4	79.6	80.6	81.7	82.0	82.9	83.4	84.6	84.6	84.6	85.4	85.7	85.6	86.1	86.6	87.0	87.3	87.9	88.4	88.2	88.5	89.3	88.9	89.4	90.0	89.3	89.1	88.2	87.4	87.0	85.7	
7	76.6	78.2	79.3	80.7	81.3	82.2	83.1	83.4	83.1	84.1	84.9	85.6	85.8	86.1	86.7	86.9	87.6	87.8	87.9	88.1	88.8	88.8	89.1	88.8	88.8	89.1	89.4	89.1	89.2	89.3	89.2	88.8	86.9	86.0
6	77.0	78.6	79.9	80.1	82.1	82.4	83.0	83.3	83.4	84.1	84.6	85.3	86.3	86.5	86.0	87.2	87.2	88.2	88.4	88.8	88.8	89.1	89.6	89.5	89.9	89.4	89.4	89.6	89.5	88.7	86.9	86.1		
5	77.4	78.0	80.0	80.1	81.5	82.5	83.2	83.4	83.9	84.3	85.0	86.3	86.5	87.1	87.9	87.5	88.4	88.6	88.6	88.4	88.9	89.5	89.2	89.5	89.9	89.5	89.5	90.1	88.6	87.1	86.0	85.0		
4	76.8	78.5	79.9	80.9	81.7	81.9	82.8	83.3	84.3	84.7	85.3	86.0	86.5	87.0	87.4	87.4	87.7	88.5	88.6	88.2	88.6	89.1	89.1	89.6	90.0	90.1	90.2	90.4	89.2	88.8	87.5	86.6		
3	77.3	78.3	80.0	80.7	81.8	82.0	82.6	83.6	83.8	84.5	84.9	86.3	87.0	87.0	87.8	88.7	88.7	88.5	89.3	89.2	89.2	89.6	89.6	89.5	89.4	89.2	89.3	88.8	87.7	86.7	85.6			
2	77.2	79.1	80.3	80.8	82.1	82.3	82.4	83.5	84.4	85.2	85.2	86.4	86.4	87.1	87.3	87.6	87.8	88.6	88.5	89.0	89.6	89.3	89.5	90.2	89.7	89.4	90.0	89.5	89.4	89.2	88.2	86.9		
1	76.6	78.5	79.9	80.6	82.2	82.2	82.7	83.8	84.8	84.7	85.3	86.1	86.1	86.9	87.9	87.4	88.1	89.1	88.8	89.2	89.8	89.4	90.2	89.8	89.8	90.5	90.1	89.7	89.5	89.2	87.6	85.8		
1	76.6	78.1	79.8	81.4	81.5	82.4	83.2	84.0	84.4	84.6	85.2	86.1	86.3	86.7	87.1	87.6	88.4	88.6	88.9	89.4	89.2	89.5	89.9	89.6	89.9	90.0	89.6	89.5	89.4	87.9	86.4	85.8		
2	77.0	78.5	79.6	81.0	81.5	82.4	82.8	83.6	83.8	84.6	85.8	86.2	86.5	87.1	87.4	87.4	88.0	88.5	88.5	89.4	88.8	89.1	89.7	89.7	90.0	89.3	90.0	89.2	89.7	88.8	87.3	86.1		
3	77.3	78.9	79.4	80.7	81.6	82.3	83.1	84.1	84.3	84.7	84.7	86.3	86.4	86.6	86.7	87.6	88.3	88.2	88.6	89.0	89.0	89.6	89.9	89.6	89.8	89.4	89.8	89.9	89.1	88.6	87.6	86.1		
4	76.6	78.6	79.2	80.5	81.9	81.5	82.9	83.4	83.7	84.6	85.0	86.4	86.3	87.0	86.7	87.6	88.9	88.2	88.8	89.7	89.3	89.4	89.6	89.4	90.1	90.1	90.2	90.1	89.4	88.1	87.7	86.5		
5	76.6	78.1	79.5	81.4	81.1	82.0	83.0	83.8	84.0	84.6	84.6	85.5	86.2	86.7	87.3	87.6	87.9	88.5	88.1	89.3	89.3	89.0	89.3	90.0	89.3	90.0	89.4	89.1	88.3	87.2	86.2	85.0		
6	77.0	78.1	79.2	80.9	81.4	82.6	82.5	83.0	84.1	84.5	84.9	85.5	85.9	86.2	86.6	86.8	86.9	87.6	88.0	88.3	88.4	88.6	89.0	89.2	89.5	89.6	90.3	89.1	89.2	87.5	86.7	85.5		
7	76.6	78.1	79.2	79.8	81.6	82.0	82.5	83.3	83.6	84.2	84.7	85.1	85.7	86.1	86.4	86.2	86.9	87.4	88.0	88.3	88.2	88.4	88.7	89.2	88.9	89.5	89.4	89.1	88.0	87.0	87.1	85.8		
8	76.7	77.8	78.8	80.1	80.4	81.7	82.6	83.1	83.4	84.2	83.9	84.6	86.5	86.2	86.2	87.2	87.4	87.5	87.0	88.1	88.7	88.7	89.3	88.6	89.0	89.7	89.0	88.4	87.8	86.9	86.3	85.7		
9	76.4	77.6	78.7	79.7	80.3	81.2	82.3	82.2	83.5	83.6	83.7	84.7	84.8	85.4	86.0	86.8	86.9	86.7	87.4	87.7	87.7	88.4	89.0	88.3	88.7	88.7	88.8	88.4	87.6	86.5	85.5	84.6		
10	75.8	77.5	78.4	79.1	80.1	81.2	81.4	82.5	83.1	83.0	83.5	84.7	84.9	85.7	85.4	84.9	85.1	85.6	86.0	86.3	86.5	86.8	87.1	87.2	87.8	87.0	87.8	88.7	87.6	86.8	86.0	85.2		
11	75.4	76.1	77.7	79.2	79.5	80.2	80.5	81.3	82.5	83.7	83.7	83.9	84.7	84.8	85.1	86.1	86.0	86.2	86.4	87.4	87.4	87.8	87.8	87.5	87.7	87.2	87.2	86.9	86.0	85.7	84.3	83.6		
12	74.8	75.7	77.5	78.6	79.3	79.4	79.9	81.0	81.5	82.0	82.8	83.7	84.3	84.2	84.9	85.4	86.4	86.4	86.7	86.7	86.5	87.1	86.5	86.9	87.5	86.7	86.5	86.3	86.3	85.8	84.5	83.5		
13	74.3	75.3	76.8	77.6	77.9	79.3	79.6	80.2	81.3	82.0	82.3	83.0	83.1	83.4	83.7	84.6	85.3	85.7	84.6	85.2	85.6	86.1	85.3	86.1	86.1	86.2	86.1	85.3	84.7	84.9	84.8	82.8		
14	73.4	74.9	75.1	76.6	77.4	78.0	79.3	79.8	80.8	80.9	81.2	82.5	82.4	82.7	83.4	83.9	84.2	83.5	84.3	84.7	84.5	84.7	84.7	84.9	84.8	85.2	85.1	84.9	84.0	84.3	84.0	82.0		
15	72.7	73.9	74.5	75.6	76.5	77.1	78.4	78.4	78.7	78.9	79.5	80.2	81.1	81.2	81.8	82.5	82.4	82.4	83.0	82.9	83.2	83.5	83.7	83.7	83.9	83.3	83.7	82.5	82.0	81.4	80.6	80.6		
16	72.4	72.8	74.1	75.3	75.7	76.1	76.8	77.6	77.7	78.4	79.0	79.7	79.8	80.1	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7		

Dosis media con Matr-XX + Ms HCalc (cGy): DM _{ij} (15°)																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	73.4	74.2	74.9	75.5	76.2	76.8	77.3	77.9	78.2	78.8	79.2	79.5	79.7	80.2	80.5	80.8	81.1	81.3	81.4	81.5	81.6	81.8	81.9	81.8	81.9	81.8	81.7	81.4	81.2	80.6	80.6	80.6	
15	73.3	74.1	75.1	75.9	76.5	77.0	78.6	78.9	79.5	80.1	80.5	80.7	81.1	81.5	81.9	82.2	82.4	82.7	82.9	83.0	83.2	83.3	83.4	83.5	83.6	83.4	83.2	82.9	82.4	81.6	81.6	81.6	
14	74.0	75.0	76.2	77.0	77.7	78.3	79.0	79.6	80.2	80.6	81.2	81.6	81.9	82.2	82.7	83.0	83.3	83.6	83.9	84.0	84.2	84.4	84.6	84.7	84.7	84.8	84.9	84.8	84.6	84.3	83.5	82.7	
13	74.6	75.8	76.8	77.7	78.3	79.0	79.3	79.8	80.8	80.9	81.2	82.5	82.4	82.7	83.0	83.3	83.7	84.0	84.2	84.3	84.5	84.7	84.8	84.8	84.8	84.8	84.7	84.8	84.7	84.3	83.7	82.6	
12	75.1	76.2	77.3	78.2	78.9	79.7	80.4	81.0	81.5	82.0	82.5	83.0	83.2	83.6	84.1	84.5	84.7	85.1	85.4	85.7	85.9	86.3	86.4	86.5	86.5	86.5	86.5	86.2	85.8	85.1	84.2	83.2	
11	75.4	76.6	77.8	78.7	79.4	80.2	81.0	81.5	82.0	82.4	83.0	83.4	83.7	84.1	84.5	84.8	85.3	85.5	85.9	86.2	86.4	86.7	86.9	87.1	87.2	87.2	87.2	87.0	86.8	86.4	85.5	84.7	
10	75.7	77.0	78.1	79.0	79.7	80.5	81.2	81.8	82.3	82.9	83.3	83.7	84.1	84.5	84.9	85.3	85.6	86.0	86.3	86.6	86.7	86.8	87.1	87.2	87.3	87.3	87.6	87.7	87.6	87.2	86.8	86.0	85.6
9	76.0	77.3	78.4	79.3	80.0	80.7	81.4	82.0	82.5	83.0	83.4	83.8	84.2	84.6	85.0	85.4	85.8	86.1	86.4	86.7	86.9	87.1	87.2	87.3	87.3	87.6	87.7	87.6	87.2	86.8	86.0	85.6	
8	76.4	77.6	78.7	79.7	80.4	81.1	81.6	82.3	82.8	83.3	83.9	84.4	84.7	85.2	85.5	86.0	86.4	86.7	87.0	87.2	87.4	87.7	87.9	88.0	88.2	88.3	88.3	88.2	88.0	87.6	86.8	85.8	
7	76.6	77.8	78.9	79.8	80.5	81.2	81.9	82.5	83.0	83.6	84.1	84.7	85.0	85.5	86.0	86.3	86.7	87.0	87.2	87.5	87.7	87.9	88.0	88.1	88.4	88.5	88.5	88.5	88.1	87.8	87.0	86.6	
6	76.9	78.1	79.1	79.9	80.6	81.3	82.0	82.5	83.1	83.6	84.1	84.7	85.0	85.5	86.0	86.3	86.7	87.0	87.2	87.5	87.7	87.9	88.0	88.1	88.4	88.5	88.5	88.5	88.1	87.8	87.0	86.6	
5	77.1	78.2	79.3	80.1	80.7	81.5	82.2	82.9	83.4	84.0	84.7	85.3	85.5	86.0	86.4	86.8	87.1	87.3	87.7	87.8	88.1	88.4	88.4	88.6	88.8	88.7	88.8	88.8	88.5	88.1	87.3	86.4	
4	77.2	78.4	79.4	80.2	80.9	81.7	82.3	83.0	83.6	84.3	84.8	85.5	85.7	86.0	86.4	86.8	87.1	87.4	87.7	88.0	88.3	88.6	88.7	88.7	88.8	88.9	88.8	88.6	88.2	87.6	86.5	85.5	
3	77.5	78.5	79.5	80.3	81.0	81.7	82.4	83.1	83.7	84.4	84.9	85.5	85.7	86.0	86.4	86.8	87.1	87.4	87.7	88.0	88.3	88.6	88.7	88.7	88.8	88.9	88.8	88.6	88.2	87.6	86.5	85.5	
2	77.6	78.6	79.6	80.4	81.1	81.8	82.6	83.2	83.9	84.5	85.0	85.6	85.9	86.2	86.6	86.8	87.2	87.4	87.8	88.2	88.6	88.9	88.9	88.9	89.0	89.0	89.1	89.0	88.8	88.4	87.7	86.7	
1	77.6	78.7	79.7	80.5	81.3	81.9	82.8	83.4	83.9	84.6	85.1	85.6	86.0	86.3	86.8	87.1	87.3	87.6	88.0	88.3	88.7	88.9	88.9	89.0	89.2	89.2	89.2	89.2	88.9	88.5	87.9	86.9	
0	77.7	78.7	79.7	80.5	81.2	81.9	82.8	83.4	83.9	84.6	85.1	85.6	86.0	86.3	86.8	87.1	87.3	87.6	88.0	88.3	88.7	88.9	88.9	89.0	89.2	89.2	89.2	89.2	88.9	88.5	87.9	86.9	
0	77.4	78.6	79.5	80.4	81.1	81.8	82.5	83.4	83.9	84.5	85.1	85.6	86.3	86.4	86.7	87.1	87.3	87.7	88.0	88.4	88.7	89.0	89.0	89.2	89.2	89.2	89.2	89.1	88.9	88.5	87.7	86.7	
3	77.4	78.6	79.6	80.4	81.2	81.9	82.6	83.3	83.9	84.5	85.2	85.7	86.2	86.5	86.8	87.2	87.5	87.9	88.2	88.6	88.9	88.9	89.0	89.1	89.2	89.2	89.2	89.2	89.1	88.9	88.5	87.7	86.6
4	77.5	78.5	79.5	80.4	81.1	81.9	82.5	83.3	83.9	84.4	85.2	85.7	86.2	86.7	87.1	87.4	87.8	88.1	88.3	88.7	88.9	88.9	89.0	89.2	89.2	89.2	89.2	89.1	88.9	88.5	87.7	86.5	
5	77.6	78.6	79.6	80.5	81.2	82.0	82.7	83.4	84.0	84.5	85.2	85.7	86.2	86.7	87.1	87.4	87.8	88.1	88.3	88.7	88.9	88.9	89.0	89.2	89.2	89.2	89.2	89.1	88.9	88.5	87.7	86.5	
6	77.2	78.5	79.5	80.3	81.1	81.5	82.5	83.2	83.9	84.5	85.0	85.8	86.3	86.8	87.2	87.6	88.0	88.2	88.4	88.7	88.8	88.9	88.9	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	88.8	88.3	87.4	86.4	
7	77.1	78.2	79.3	80.3	81.1	81.8	82.4	83.0	83.6	84.2	84.8	85.5	86.0	86.5	86.9	87.3	87.7	88.1	88.3	88.8	88.7	88.8	88.9	89.0	89.1	89.2	88.9	88.6	88.0	87.2	86.2		
8	77.0	78.1	79.1	80.1	80.9	81.6	82.3	83.0	83.6	84.2	84.8	85.4	85.9	86.3	86.7	87.1	87.5	87.9	88.3	88.6	88.8	88.9	89.0	89.1	89.2	89.1	89.1	89.1	88.8	88.3	87.4	86.2	
9	76.7	77.7	78.9	79.8	80.7	81.6	82.1	82.8	83.3	83.9	84.5	85.1	85.5	86.0	86.4	86.8	87.2	87.4	87.7	87.9	88.1	88.3	88.5	88.7	88.9	88.9	88.9	88.6	88.2	87.6	86.8	85.5	
10	76.3	77.4	78.7	79.6	80.5	81.2	81.9	82.5	83.0	83.7	84.1	84.7	85.3	85.7	86.1	86.5	86.8	87.1	87.3	87.6	87.9	88.0	88.2	88.4	88.6	88.6	88.5	88.2	88.0	87.4	86.5	85.5	
11	76.2	77.3	78.5	79.4	80.2	81.0	81.6	82.2	82.7	83.3	83.8	84.3	84.8	85.3	85.8	86.2	86.5	86.8	87.1	87.3	87.6	87.9	88.0	88.2	88.4	88.6	88.6	88.5	88.2	87.7	86.7	85.7	
12	75.5	76.7	78.0	78.9	79.7	80.5	81.1	81.7	82.3	82.9	83.4	83.9	84.6	85.2	85.5	85.9	86.3	86.6	86.8	87.1	87.2	87.3	87.5	87.6	87.7	87.7	87.6	87.3	87.1	86.6	85.7	84.7	
13	75.3	76.3	77.4	78.3	79.2	79.9	80.5	81.2	81.8	82.3	82.9	83.4	83.9	84.6	85.2	85.5	85.9	86.3	86.6	86.8	87.1	87.2	87.3	87.5	87.6	87.7	87.6	87.3	87.1	86.6	85.7	84.7	
14	74.7	75.7	76.7	77.7	78.5	79.1	79.8	80.4	81.1	81.5	82.1	82.6	83.0	83.5	83.9	84.3	84.6	84.9	85.3	85.5	85.6	85.8	85.9	86.1	86.1	86.1	86.1	86.0	85.7	85.4	84.4	83.3	
15	74.8	75.8	76.8	77.8	78.6	79.2	79.9	80.5	81.2	81.6	82.2	82.6	83.1	83.5	83.9	84.3	84.6	84.9	85.3	85.5	85.6	85.8	85.9	86.1	86.1	86.1	86.1	86.0	85.7	85.4	84.4	83.3	
16	74.0	74.8	75.5	76.3	76.9	77.6	78.1	78.8	79.2	79.7	80.3	80.7	81.1	81.4	82.0	82.2	82.4	82.6	82.9	83.0	83.2	83.2	83.4	83.4	83.5	83.5	83.3	83.0	82.6	82.0	81.0		

$FC_{ij}(20^\circ)$

Datos calculada con TPS (cGy): $DX_{ij}(20^\circ)$																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	711	721	729	735	743	749	750	761	770	771	775	784	787	795	799	803	803	802	811	811	813	821	813	819	817	822	819	821	817	814	814	814	814	
15	713	718	730	737	742	751	765	762	771	784	792	794	802	804	798	814	815	818	825	824	831	833	835	837	844	840	841	841	843	839	837	825	825	
14	719	722	737	748	751	762	767	779	780	796	797	805	808	808	818	828	832	841	846	845	846	853	854	857	856	862	863	868	867	864	859	851	844	844
13	720	733	743	751	762	768	780	780	790	800	808	808	818	828	832	841	846	845	846	853	854	857	856	862	863	868	867	864	859	851	844	844	844	
12	725	743	751	760	770	781	788	789	799	809	814	817	828	837	837	847	852	848	857	858	864	867	862	875	866	874	871	870	869	867	862	859	859	
11	738	744	758	764	778	782	796	803	812	813	821	823	830	836	848	855	858	863	864	867	868	871	875	876	881	883	879	880	878	870	867	862	862	
10	731	751	763	776	784	789	804	810	818	819	821	832	834	837	840	860	862	873	872	877	883	886	892	889	892	894	897	898	897	893	887	873	862	
9	740	751	761	773	791	798	802	811	810	822	825	830	832	847	845	853	863	862	866	871	880	883	878	888	891	897	893	892	886	886	880	867	867	
8	759	753	769	779	781	796	804	814	815	824	827	833	842	850	859	858	865	867	864	872	874	881	887	894	890	900	902	898	891	886	875	874	874	
7	739	751	768	783	787	801	809	810	824	828	830	836	846	851	852	855	868	868	876	876	880	884	886	896	889	901	897	901	893	890	880	875	875	
6	748	762	770	788	794	798	804	816	819	830	831	840	847	852	858	863	867	869	881	881	883	888	889	889	890	899	896	900	897	889	880	873	873	
5	746	758	779	788	796	802	809	814	819	826	832	840	849	847	859	870	869	869	875	879	884	886	893	893	895	898	900	902	905	907	901	890	872	
4	747	760	776	785	789	800	815	817	820	828	835	843	854	855	857	869	872	877	883	882	889	892	889	893	894	901	904	899	899	900	891	878	878	
3	746	757	777	791	795	806	810	819	825	834	838	844	853	858	863	871	878	878	881	887	888	892	900	898	903	902	905	902	904	902	890	879	879	
2	744	761	775	789	799	804	810	819	822	832	841	845	853	857	862	868	868	871	881	884	888	891	891	897	901	902	904	902	908	903	889	873	873	
1	754	769	780	788	799	797	811	816	826	835	839	846	850	859	865	870	871	875	883	895	891	894	900	899	901	904	907	903	903	900	887	872	872	
16	749	767	781	790	794	803	810	825	824	835	842	847	852	856	865	863	877	875	880	889	890	893	899	891	896	901	906	909	902	897	898	877	877	
15	746	766	780	786	791	801	812	821	825	831	835	849	853	856	857	870	868	874	883	885	889	895	889	900	900	902	905	907	907	901	890	872	872	
14	746	761	782	783	790	798	805	814	821	829	830	840	851	858	858	867	872	878	874	886	885	889	892	890	901	901	901	904	900	891	889	875	875	
13	745	765	774	790	797	798	805	814	821	829	830	840	851	858	858	867	872	878	874	886	885	889	892	890	901	901	901	904	900	891	889	872	872	
12	747	759	770	784	792	800	805	814	823	831	840	842	844	857	856	858	866	872	876	879	884	890	889	892	897	902	900	900	892	890	884	872	872	
11	743	759	767	785	792	801	805	818	821	831	835	841	842	849	854	857	869	875	873	877	886	892	892	891	895	901	900	900	897	892	886	872	872	
10	744	756	764	781	790	798	807	810	818	829	834	840	846	847	852	859	864	867	871	872	881	883	886	889	899	893	899	898	893	890	881	872	872	
9	732	756	770	777	786	795	802	811	810	831	835	841	840	844	854	868	878	871	868	881	888	889	890	892	894	896	900	892	886	881	871	871	871	
8	736	750	760	773	785	793	802	806	810	824	830	832	837	848	858	862	870	869	866	878	882	888	895	889	894	893	896	882	879	876	869	869		
7	738	752	762	771	778	790	797	807	812	819	826	832	838	838	851	852	854	861	874	870	872	876	885	887	890	894	882	884	885	880	870	859	859	
6	735	743	765	774	777	787	797	805	809	817	829	832	837	849	844	852	858	866	866	870	882	882	877	882	882	882	882	874	875	867	861	861	861	
5	726	742	755	761	769	782	788	796	809	818	816	821	825	835	839	837	845	854	857	859	860	867	871	869	871	878	873	869	867	864	853	848	839	
4	720	740	746	757	759	773	781	787	794	807	809	819	819	828	825	836	837	849	848	854	857	857	862	858	862	870	870	868	866	858	848	839	839	
3	718	724	736	749	756	764	770	777	785	792	796	806	810	818	825	830	829	839	845	849	854	854	858	862	859	868	865	862	859	850	848	847	847	
2	705	720	730	738	742	754	765	774	778	787	786	791	797	803	804	815	819	819	820	823	830	836	837	837	840	840	840	844	840	835	822	822	822	
1	716	713	720	728	735	744	752	763	770	780	784	792	792	792	792	805	806	809	812	812	815	814	816	821	818	821	819	819	819	819	814	814	814	

Datos medido con MatrxIX + MultiCube (cGy): $DM_{ij}(20^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	717	724	731	737	744	751	756	762	768	774	779	782	787	791	796	799	803	806	808	810	813	814	816	817	818	819	819	817	814	811	811	811	811
15	716	726	733	740	747	754	762	769	774	780	787	790	795	800	804	809	813	817	821	823	826	829	831	832	834	838	839	838	837	835	832	826	826
14	722	731	743	751	758	766	772	779	786	792	797	802	806	811	816	821	825	829	832	836	839	841	843	846	848	850	852	852	851	850	844	838	838
13	727	737	749	758	766	774	780	788	795	802	807	812	816	821	826	830	834	837	842	846	849	851	853	856	858	860	862	862	861	859	853	846	846
12	733	743	754	762	771	779	786	793	799	806	811	814	820	824	830	834	840	844	848	852	856	858	860	864	866	868	869	868	867	860	854	848	848
11	735	747	759	768	776	784	792	797	803	810	815	820	824	829	834	840	845	849	853	858	861	865	868	871	874	876	876	876	875	873	866	859	859
10	739	751	762	771	778	788	794	800	806	814	819	823	828	833	838	844	849	853	857	861	865	869	872	875	878	880	882	882	882	880	870	863	863
9	743	754	765	775	78																												

$FC_{ij}(25^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(25^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16																																	
15	69.1	70.0	71.2	72.2	72.7	74.1	74.5	75.4	75.6	77.1	77.3	78.0	78.6	79.2	80.1	80.0	80.5	81.7	82.0	82.0	82.3	83.6	83.6	84.1	84.8	85.2	84.5	85.0	84.5	84.7	84.4	84.5	
14	70.2	71.1	72.1	73.0	73.6	74.5	75.3	76.1	77.3	77.8	78.8	79.7	80.2	80.7	81.5	81.2	82.1	82.9	83.5	83.3	83.7	84.2	84.9	84.4	85.3	85.9	86.2	85.8	86.0	85.9	85.0	84.7	
13	71.3	71.8	72.5	73.4	74.5	75.6	76.1	77.1	78.0	78.5	79.9	80.5	81.2	81.3	82.5	82.7	83.5	83.8	84.2	84.4	85.6	85.8	85.8	86.2	86.2	86.4	87.0	87.6	86.9	86.0	85.5	84.7	
12	71.0	71.8	72.9	74.0	75.7	75.7	77.4	77.8	78.7	80.0	80.3	80.3	81.3	81.8	82.5	83.3	83.7	84.5	84.5	85.8	86.1	86.6	87.2	87.5	86.9	87.0	87.4	87.9	88.0	87.7	87.0	87.0	
11	71.4	72.8	73.3	74.3	75.8	76.9	77.1	78.4	79.0	79.4	80.6	81.2	81.1	82.2	83.0	83.7	83.7	85.2	85.2	85.7	86.8	87.1	87.8	88.5	88.3	88.6	87.8	88.3	88.4	88.4	88.2	86.7	
10	71.7	73.1	73.5	75.1	75.7	77.0	77.4	79.0	78.8	79.6	80.8	81.6	81.7	82.6	82.9	84.0	84.5	85.9	86.2	86.0	86.4	87.2	88.2	88.5	88.9	88.4	88.8	88.7	88.4	88.9	88.1	87.1	
9	71.8	73.6	74.2	75.7	76.2	77.7	78.0	79.5	80.3	81.5	81.3	82.4	82.7	83.7	84.3	85.1	84.9	85.5	86.5	87.0	86.8	88.1	88.0	88.4	88.8	89.3	89.8	90.2	89.6	89.5	88.6	88.6	
8	71.9	74.3	74.8	76.2	77.2	78.4	78.7	79.8	79.9	80.6	81.0	81.8	82.8	83.5	83.8	84.7	84.9	85.7	86.3	87.5	88.0	88.0	88.7	89.1	89.3	89.5	90.0	90.0	90.3	89.9	88.8	88.0	
7	72.5	74.1	75.1	76.6	76.8	78.1	79.4	79.7	80.7	81.3	82.1	81.4	83.1	84.4	84.6	84.9	85.2	86.0	86.8	87.9	87.8	88.3	88.7	89.7	89.0	89.8	90.0	90.1	90.5	89.9	89.1	88.7	
6	72.7	73.9	75.0	76.0	77.5	77.5	79.1	79.6	80.3	81.4	81.5	82.6	83.3	84.5	84.7	85.1	85.9	86.9	86.7	87.1	88.1	88.6	89.2	89.3	89.7	89.6	90.4	90.8	90.4	90.3	89.6	88.8	
5	73.5	74.9	75.4	76.7	77.1	78.2	79.0	79.4	80.5	81.0	81.4	82.6	83.4	83.8	84.5	85.2	86.3	86.8	87.2	88.0	88.0	88.6	89.2	89.2	89.3	90.8	90.1	90.9	90.8	90.8	90.4	88.7	
4	73.1	74.6	75.5	76.2	77.4	77.8	79.0	79.8	80.5	81.7	82.1	82.7	83.6	84.5	85.3	85.6	85.5	86.7	87.2	87.9	88.4	88.7	88.9	89.3	89.6	90.7	90.2	90.6	90.9	90.2	88.9	88.9	
3	72.8	74.2	75.6	76.3	76.4	78.3	78.7	79.2	80.8	82.1	81.7	82.9	83.4	84.6	85.0	85.4	85.9	86.6	87.6	87.6	88.2	88.9	88.6	89.1	89.7	90.9	90.5	90.1	90.4	90.1	89.8	88.1	
2	72.7	74.2	75.1	76.6	76.9	77.9	79.7	80.2	80.4	82.4	82.2	83.1	83.8	84.4	85.1	85.7	85.7	86.8	87.5	88.3	88.1	89.3	89.6	90.0	89.9	90.2	90.5	90.5	91.2	90.5	89.8	88.8	
1	73.1	74.4	75.4	76.9	77.4	78.2	78.9	79.7	80.4	81.3	81.3	83.0	83.7	84.2	84.8	85.6	86.5	86.9	87.0	88.0	88.2	88.8	89.2	89.6	90.1	90.5	89.9	90.3	91.0	90.5	89.7	89.3	
2	73.1	74.4	75.5	76.6	77.5	78.0	79.1	79.8	81.0	81.8	81.5	82.1	83.7	84.2	84.9	85.5	86.1	86.2	87.2	88.3	87.7	88.4	88.3	89.3	89.9	90.1	89.8	90.9	90.7	91.0	89.4	88.7	
3	73.5	74.4	75.6	75.9	77.1	77.7	78.4	79.6	80.3	81.3	82.1	83.0	83.9	84.5	85.1	85.4	86.0	87.2	87.0	87.3	88.1	88.5	88.5	89.1	90.4	90.4	89.8	90.8	90.7	91.4	89.4	88.2	
4	72.9	74.6	74.9	76.4	77.5	77.6	79.2	79.8	80.3	80.9	81.5	82.5	82.9	84.0	84.8	85.5	85.8	86.6	86.8	87.5	88.5	88.5	89.1	89.2	89.3	89.8	90.1	90.2	91.0	90.8	89.4	88.4	
5	73.2	73.7	75.1	76.5	76.7	77.7	78.7	79.6	80.4	80.6	81.2	82.6	83.3	83.6	84.5	85.5	86.3	86.8	86.8	87.4	87.9	88.3	88.6	89.0	89.9	90.1	90.4	90.6	90.3	90.0	89.3	88.5	
6	72.6	73.8	75.0	76.3	76.9	78.2	79.1	79.5	79.7	80.6	81.2	81.6	82.8	83.5	84.2	84.6	85.2	86.1	86.4	87.1	87.4	88.3	88.8	88.6	89.8	89.9	90.5	89.7	89.8	89.9	88.9	88.3	
7	72.3	73.8	74.8	76.0	77.0	78.2	78.6	79.1	80.1	80.6	81.2	82.3	83.3	83.7	84.1	84.4	85.5	85.8	85.6	86.9	87.7	87.8	88.6	88.9	89.6	89.5	89.5	89.5	89.4	89.0	87.5	87.0	
8	72.1	73.9	74.2	75.5	76.8	77.6	78.0	78.6	79.8	80.4	80.9	82.3	82.8	83.4	83.8	84.8	85.1	85.6	85.9	86.8	87.5	87.5	88.0	89.1	89.5	89.7	90.1	89.6	89.3	88.7	88.0	88.0	
9	71.9	73.1	74.0	74.8	76.0	77.7	78.2	79.4	79.5	80.5	80.5	81.0	82.7	83.2	83.8	84.0	84.6	85.2	85.4	85.5	86.4	87.6	87.9	88.8	88.7	89.2	88.7	88.8	89.0	88.4	88.3	88.0	
10	71.9	73.0	74.2	74.7	75.8	76.8	78.7	78.6	79.0	80.1	80.6	81.2	82.2	82.6	83.1	83.9	84.3	85.6	85.1	85.7	86.1	87.5	87.9	88.1	88.3	88.8	88.2	88.9	88.7	88.2	87.4	87.4	
11	71.1	71.9	72.9	74.3	75.3	76.2	77.4	77.9	78.5	80.6	80.8	80.9	81.5	81.7	82.2	83.9	84.1	84.8	84.6	85.7	86.3	86.3	86.9	87.7	87.7	88.1	87.6	88.2	88.4	87.6	86.8	86.3	
12	70.2	71.0	72.7	74.5	74.6	75.4	76.3	77.1	77.6	79.3	79.4	80.2	80.8	81.5	82.0	83.0	83.3	84.1	85.4	84.5	84.4	86.2	85.8	86.2	86.1	86.8	87.2	87.0	87.1	87.1	86.8	85.8	
13	69.6	71.3	72.6	73.1	73.8	74.8	75.9	76.8	77.3	78.3	78.4	79.7	79.8	80.5	81.8	82.1	82.9	83.7	83.7	84.0	83.9	85.0	84.4	85.5	85.7	86.3	85.9	86.1	87.1	86.2	85.6	85.8	
14	68.8	70.8	71.5	72.1	72.8	74.0	75.2	75.8	76.4	77.6	77.7	78.4	79.4	80.1	80.8	81.1	82.3	82.7	83.0	82.7	83.6	84.1	83.8	84.5	84.7	84.9	85.6	84.7	84.5	84.4	84.4	84.7	
15	68.6	70.0	70.8	71.6	72.4	73.9	74.5	75.4	75.9	76.6	76.8	77.4	78.4	78.6	79.4	79.9	80.5	81.1	81.2	81.9	82.0	82.3	82.9	82.5	83.6	82.9	83.5	83.8	82.8	82.8	82.8	82.8	
16	68.2	68.8	69.9	71.0	71.3	71.9	72.9	73.8	74.3	74.4	75.4	75.8	76.8	77.4	77.8	78.3	78.4	79.8	79.6	80.4	80.2	80.8	79.8	79.6	80.4	80.1	80.4	80.5	80.5	80.1	79.9	79.9	

Dosis medida con MatriXX + Mu hCube (cGy): DM _{ij} (25°)																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16		69.5	70.4	71.0	71.8	72.6	73.4	74.1	75.0	75.6	76.1	76.9	77.4	77.9	78.5	79.0	79.6	80.1	80.5	81.0	81.5	81.7	82.2	82.4	82.8	83.3	83.6	83.7	83.8	83.8	83.6	83.3	
15	69.5		70.4	71.0	71.8	72.6	73.4	74.1	75.0	75.6	76.1	76.9	77.4	77.9	78.5	79.0	79.6	80.1	80.5	81.0	81.5	81.7	82.2	82.4	82.8	83.3	83.6	83.7	83.8	83.8	83.6	83.3	
14	70.1	71.0		72.1	72.9	73.7	74.4	75.2	75.9	76.7	77.3	78.0	78.5	79.0	79.6	80.2	80.8	81.3	81.8	82.3	82.6	83.0	83.4	83.8	84.2	84.4	84.8	85.1	85.3	85.3	85.0	84.7	
13	70.6	71.6	72.7		73.6	74.4	75.2	76.0	76.8	77.6	78.1	78.7	79.2	79.8	80.4	81.0	81.6	82.1	82.6	83.1	83.6	84.1	84.6	85.1	85.6	86.1	86.6	87.1	87.6	88.1	88.6	89.1	
12	71.2	72.2	73.2	74.1		75.0	75.8	76.6	77.3	78.0	78.6	79.2	79.8	80.4	80.9	81.5	82.3	82.7	83.3	83.8	84.1	84.6	85.2	85.7	86.1	86.4	86.8	87.0	87.1	87.1	87.1	87.1	
11	71.5	72.6	73.7	74.7	75.3		76.3	77.1	77.8	78.4	79.0	79.7	80.3	80.8	81.5	82.1	82.7	83.3	83.8	84.4	84.9	85.3	85.9	86.3	86.8	87.2	87.5	87.8	87.9	87.9	87.4	87.0	
10	71.9	73.0	74.1	75.0	75.8	76.6		77.3	78.0	78.7	79.4	80.1	80.7	81.3	81.9	82.5	83.2	83.7	84.3	84.9	85.3	85.8	86.3	86.8	87.1	87.6	87.9	88.3	88.4	88.4	88.3	87.9	
9	72.4	73.4	74.4	75.3	76.1	76.9	77.7		78.4	79.1	79.8	80.5	81.2	81.9	82.6	83.3	84.0	84.7	85.4	86.1	86.7	87.3	87.8	88.3	88.8	89.1	89.4	89.8	89.9	89.4	88.8		
8	72.6	73.7	74.7	75.5	76.2	77.0	77.8	78.6		79.2	79.9	80.6	81.3	82.0	82.6	83.3	84.0	84.5	85.1	85.5	86.1	86.6	87.0	87.5	87.8	88.2	88.6	88.9	89.2	89.2	89.1	88.8	
7	72.8	73.9	74.9	75.7	76.2	77.1	78.0	78.5	80.2	81.0	81.7	82.3	82.9	83.7	84.2	84.9	85.3	85.9	86.4	86.8	87.2	87.7	87.9	88.4	88.8	89.1	89.3	89.4	89.4	89.1	88.7		
6	73.0	74.1	75.0	75.8	76.5	77.2	78.1	78.7	79.4	80.1	80.8	81.5	82.2	82.9	83.6	84.3	84.8	85.2	85.8	86.3	86.7	87.2	87.6	88.0	88.5	88.8	89.1	89.3	89.4	89.1	88.7		
5	73.2	74.1	75.0	75.9	76.6	77.5	78.3	79.2	79.9	80.7	81.5	82.3	82.8	83.5	84.1	84.8	85.2	85.8	86.3	86.7	87.2	87.6	88.0	88.5	88.8	89.0	89.4	89.7	89.7	89.7	89.5	88.9	
4	73.4	74.3	75.1	75.9	76.7	77.7	78.5	79.3	80.2	81.0	81.7	82.4	82.9	83.4	84.2	84.7	85.2	85.8	86.4	87.0	87.4	87.9	88.3	88.6	88.9	89.2	89.6	89.7	89.7	89.7	89.7	89.3	
3	73.6	74.4	75.2	76.0	76.8	77.7	78.6	79.5	80.4	81.1	81.8	82.4	82.9	83.4	84.2	84.7	85.2	85.9	86.3	87.0	87.5	88.0	88.5	88.8	89.0	89.4	89.7	89.9	89.9	89.9	89.7	89.4	
2	73.8	74.6	75.4	76.2	77.0	77.8	78.6	79.5	80.4	81.1	81.8	82.4	82.9	83.4	84.2	84.7	85.2	85.9	86.3	87.0	87.5	88.0	88.5	88.8	89.0	89.4	89.7	89.9	89.9	89.9	89.7	89.4	
1	73.8	74.6	75.3	76.2	77.0	77.8	78.8	79.5	80.5	81.2	81.9	82.6	83.1	83.6	84.4	85.0	85.5	86.0	86.6	87.2	87.8	88.2	88.7	89.1	89.4	89.6	89.8	90.1	90.1	90.0	89.7	89.6	
1	73.6	74.4	75.0	76.0	76.9	77.8	78.6	79.6	80.4	81.1	81.7	82.5	83.3	83.8	84.4	85.0	85.5	86.1	86.7	87.2	87.9	88.3	88.8	89.1	89.4	89.6	89.8	90.0	90.1	90.1	90.0	89.7	
1	73.4	74.1	75.1	76.1	77.0	77.9	78.7	79.6	80.4	81.1	81.8	82.5	83.3	83.8	84.4	85.0	85.5	86.1	86.7	87.2	87.9	88.3	88.8	89.1	89.4	89.6	89.8	90.0	90.1	90.1	90.0	89.7	
3	73.5	74.4	75.1	75.9	76.9	77.8	78.7	79.6	80.5	81.4	82.0	82.5	83.3	84.0	84.4	85.1	85.6	86.2	86.8	87.4	87.9	88.3	88.7	89.0	89.3	89.5	89.8	90.0	90.0	90.2	89.8	89.4	
4	73.4	74.3	75.2	76.0	76.8	77.8	78.6	79.6	80.4	81.1	82.0	82.6	83.3	84.1	84.6	85.2	85.8	86.5	86.9	87.5	87.9	88.4	88.6	89.0	89.2	89.5	89.8	90.0	90.1	90.1	89.7	89.3	
5	73.2	74.1	75.0	75.8	76.6	77.5	78.3	79.2	80.0	80.8	81.5	82.2	82.9	83.6	84.3	84.9	85.5	86.1	86.7	87.3	87.8	88.3	88.7	89.0	89.3	89.6	89.8	90.0	90.1	90.1	89.7	89.3	
6	73.2	74.2	75.2	75.9	76.7	77.7	78.6	79.4	80.4	81.0	81.8	82.7	83.4	84.2	84.8	85.4	86.0	86.5	87.0	87.4	87.9	88.2	88.5	88.8	89.1	89.3	89.7	89.9	90.0	90.0	89.6	89.0	
7	73.1	74.1	75.1	75.9	76.8	77.7	78.4	79.2	80.0	80.7	81.5	82.4	83.1	83.9	84.4	85.1	85.7	86.5	86.7	87.1	87.4	87.9	88.2	88.5	88.8	89.0	89.4	89.7	89.7	89.9	89.7	88.8	
8	72.9	73.9	74.9	75.6	76.4	77.2	78.2	79.1	79.6	80.4	81.1	82.2	82.9	83.5	84.2	84.8	85.4	86.1	86.6	87.0	87.4	87.9	88.2	88.5	88.8	89.0	89.4	89.7	89.8	89.8	89.6	88.6	
9	72.8	73.8	74.8	75.5	76.3	77.1	78.0	78.7	79.4	80.1	80.8	81.5	82.2	82.9	83.6	84.3	84.9	85.5	86.1	86.6	87.0	87.4	87.9	88.2	88.5	88.8	89.0	89.4	89.7	89.8	89.6	88.6	
10	72.3	73.3	74.5	75.4	76.3	77.0	77.8	78.6	79.4	80.1	80.8	81.5	82.4	83.0	83.5	84.2	84.8	85.3	85.8	86.2	86.7	87.2	87.7	88.1	88.5	88.8	89.0	89.1	89.1	88.9	88.5		
11	72.0	73.0	74.1	75.1	75.9	76.9	77.7	78.4	79.1	79.7	80.5	81.2	82.0	82.5	83.1	83.8	84.4	85.0	85.4	85.9	86.3	86.8	87.3	87.8	88.0	88.4	88.6	88.7	88.7	88.6	88.0	87.6	
12	71.7	72.7	73.7	74.7	75.6	76.5	77.4	78.2	78.9	79.6	80.3	81.0	81.7	82.4	83.1	83.8	84.4	85.0	85.4	85.9	86.3	86.8	87.3	87.8	88.0	88.4	88.6	88.7	88.7	88.6	88.0	87.6	
13	71.2	72.0	73.2	74.1	75.0	75.9	76.7	77.5	78.2	78.8	79.5	80.2	81.0	81.5	82.1	82.7	83.3	83.8	84.3	84.9	85.1	85.6	86.0	86.3	86.7	87.0	87.1	87.4	87.4	87.3	86.9	86.3	
14	70.5	71.5	72.6	73.4	74.3	75.0	75.9	76.7	77.4	78.0	78.7	79.4	80.1	80.6	81.3	81.9	82.4	83.0	83.5	84.0	84.3	84.7	85.1	85.6	85.8	86.3	86.5	86.5	86.5	86.0	85.5	85.0	
15	70.0	71.0	72.0	73.0	73.9	74.8	75.6	76.4	77.2	77.9	78.4	79.1	79.7	80.4	81.1	81.8	82.4	83.0	83.5	84.0	84.3	84.7	85.1	85.6	85.8	86.3	86.5	86.5	86.5	86.0	85.5	85.0	
16	70.0	70.7	71.4	72.3	72.9	73.8	74.5	75.2	75.8	76.5	77.1	77.8	78.3	78.8	79.6	80.2	81.0	81.6	82.0	82.5	82.8	83.2	83.6	84.0	84.3	84.6	84.8	84.8	84.3	83.8	83.1	83.1	

$FC_{ij}(30^\circ)$

Datos calculada con TPS (CG): $DX_{ij}(30^\circ)$																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	65.9	66.9	67.5	68.6	69.1	69.7	71.2	71.5	72.4	72.7	73.9	73.5	74.2	74.6	75.9	76.4	76.9	77.3	78.2	77.9	78.6	78.5	79.9	79.5	79.9	79.7	79.6	79.5	79.9	79.6	79.6	79.6	79.6	
15	66.4	66.5	67.9	69.2	69.7	70.5	71.3	72.4	73.1	73.4	74.1	75.1	76.0	76.4	76.4	77.7	77.9	79.4	79.4	81.0	80.6	81.0	80.9	80.9	82.6	82.4	82.1	82.4	82.7	83.5	83.4	84.3	84.3	
14	67.1	67.6	68.6	69.7	70.8	71.3	72.1	73.3	74.1	75.1	75.8	75.9	76.5	77.2	78.8	79.2	79.8	80.0	81.0	81.5	82.0	82.4	82.2	82.6	83.5	84.0	84.2	84.2	84.6	84.3	84.6	84.6	84.6	
13	67.3	68.7	70.7	71.0	72.0	72.7	73.5	75.2	75.6	76.4	77.6	78.0	78.6	80.1	80.4	81.1	82.2	82.9	83.2	82.8	83.8	84.1	84.3	84.8	85.1	84.9	85.7	85.7	85.7	85.7	85.8	86.3	86.3	
12	68.3	68.9	69.9	71.5	72.2	72.3	74.2	75.0	75.8	76.7	76.9	77.8	78.8	79.6	80.1	81.0	81.7	82.6	83.2	83.9	84.0	84.8	85.3	85.6	86.3	86.3	86.2	87.0	86.7	86.3	86.2	87.5	87.5	
11	68.7	69.2	70.8	72.2	72.6	73.5	75.3	75.6	76.4	77.5	77.7	78.6	79.4	79.7	80.6	81.3	82.1	83.1	83.4	84.1	85.4	85.7	85.9	86.6	86.4	87.2	87.7	87.0	87.9	88.2	87.6	88.2	88.2	
10	69.2	70.3	71.3	72.2	73.6	73.7	75.2	76.0	77.0	77.6	77.6	78.7	79.7	80.3	80.9	82.1	83.0	83.2	84.1	84.8	85.1	86.5	87.1	87.1	88.0	88.1	87.9	87.5	88.4	88.7	88.2	88.5	88.5	
9	69.6	70.2	71.7	73.0	73.1	74.4	75.4	76.2	77.1	78.2	78.8	79.4	80.1	80.3	81.8	82.5	83.2	83.1	84.8	85.3	85.9	86.4	86.3	87.7	88.1	88.7	88.8	89.1	89.5	89.0	89.4	89.4		
8	68.9	70.6	71.9	73.1	74.1	75.3	75.6	76.3	77.1	77.7	79.2	80.5	80.1	81.6	82.1	82.7	83.6	83.7	84.8	84.6	85.9	86.3	87.1	88.3	87.9	89.4	89.9	89.8	89.7	90.0	89.5	89.7	89.7	
7	69.6	71.2	72.6	73.3	74.1	75.8	75.7	76.5	77.4	78.6	79.5	79.6	80.8	81.2	81.7	83.1	83.4	84.5	84.3	85.8	86.8	87.8	87.9	87.8	88.5	88.7	89.7	90.3	90.2	90.6	89.7	90.7	90.7	
6	70.4	71.6	72.7	73.4	74.4	75.0	76.1	77.1	77.7	78.4	79.0	80.1	80.7	81.8	82.1	83.2	84.1	84.5	85.5	85.6	86.3	87.1	87.7	88.4	89.1	89.3	89.3	89.7	90.0	90.1	89.8	89.6	90.1	
5	70.5	71.8	73.0	73.9	74.7	75.5	76.6	77.6	77.9	79.0	79.8	80.3	80.8	81.5	82.8	83.9	84.2	84.5	85.5	85.7	86.8	87.5	87.5	88.2	88.9	89.9	90.0	90.1	89.8	89.6	90.1	91.0	91.0	
4	70.3	71.5	72.6	73.5	74.9	75.5	75.8	76.6	78.3	78.5	80.2	80.9	81.4	82.4	82.8	83.2	84.8	85.2	85.9	86.5	87.3	87.6	87.8	89.0	89.4	89.4	90.3	90.4	90.1	90.2	89.7	90.7	90.7	
3	70.4	71.5	73.0	73.3	74.6	75.9	76.1	76.7	77.8	79.1	80.1	80.6	81.7	82.5	82.8	83.3	84.9	84.9	85.5	87.4	87.0	88.1	87.8	89.2	89.4	89.9	89.7	90.0	90.3	90.4	90.3	91.2	91.2	
2	70.4	71.9	73.2	73.6	74.6	76.0	76.4	77.2	78.2	79.3	80.0	81.0	81.4	82.1	82.8	84.0	85.1	85.1	85.7	86.6	87.1	87.8	88.1	88.9	89.9	89.8	89.2	90.1	90.9	91.1	90.3	91.0	91.0	
1	70.3	71.4	72.9	73.5	74.3	75.2	76.7	76.6	78.6	79.2	79.8	80.8	81.6	82.2	82.7	83.4	84.3	85.5	86.1	86.6	87.4	87.9	88.5	89.1	89.3	89.7	90.4	90.6	91.1	91.5	90.9	90.3	90.3	
1	71.0	72.0	73.0	73.8	74.8	75.8	76.8	77.6	78.3	79.8	80.4	80.8	81.7	82.8	82.9	83.2	83.9	84.6	85.5	86.5	87.8	88.6	88.2	89.4	89.4	89.9	90.7	90.8	91.6	91.3	90.1	91.0	91.0	
2	71.2	72.4	73.5	74.6	74.6	75.8	76.7	77.9	78.2	79.4	80.6	81.4	81.7	82.3	82.8	83.5	84.5	85.8	85.9	86.7	86.9	88.2	88.8	88.8	88.4	90.0	90.3	90.8	90.9	91.2	90.7	90.3	90.3	
3	71.6	71.5	72.7	74.0	74.8	75.9	76.7	77.7	78.3	79.3	80.0	81.2	81.4	82.1	83.2	83.5	84.2	85.2	86.0	86.6	86.6	87.4	88.3	89.0	88.8	90.0	90.5	90.5	91.0	90.8	90.3	90.4	90.4	
4	70.2	71.3	72.3	73.5	74.6	75.8	76.5	77.5	78.7	79.2	79.5	80.5	81.1	82.5	83.0	83.9	83.6	84.2	86.1	87.1	86.6	87.9	87.8	88.2	88.7	89.4	89.8	90.7	90.9	91.1	90.4	90.6	90.6	
5	70.4	72.2	72.5	73.7	74.2	75.2	76.4	76.9	77.5	78.8	79.8	80.1	80.8	82.2	82.6	84.0	84.2	84.7	85.7	85.9	86.9	87.8	88.1	88.6	89.3	89.2	89.5	90.1	90.5	90.0	89.8	90.4	90.4	
6	70.6	71.7	72.5	73.7	74.6	75.3	76.3	76.9	78.0	78.3	79.0	80.1	80.7	81.8	82.5	83.3	84.1	85.0	85.4	86.0	86.4	87.3	87.4	88.4	88.6	89.2	89.2	89.9	90.2	89.5	89.6	90.4	90.4	
7	70.4	71.1	72.4	73.4	74.1	75.4	76.1	77.2	77.4	78.7	79.0	80.4	80.6	81.7	82.6	82.8	82.9	84.5	85.2	86.0	86.3	87.9	87.7	87.9	88.2	89.7	90.1	90.6	90.4	89.6	89.6	89.7	89.7	
8	69.8	71.7	72.2	72.5	74.4	75.2	76.3	76.2	77.1	78.2	78.8	79.6	80.5	81.2	81.9	83.3	83.6	84.4	85.1	85.5	86.0	87.0	86.9	87.1	88.9	89.5	89.8	89.9	89.4	89.6	89.6	89.6	89.6	
9	69.4	70.2	71.6	72.6	74.0	74.7	75.5	76.8	77.5	77.7	78.5	79.5	80.0	81.0	81.6	82.8	82.9	84.8	85.0	85.3	86.1	86.8	87.3	87.3	88.3	88.6	89.3	89.4	89.3	89.5	89.1	89.8	89.8	
10	70.0	70.3	71.8	72.3	73.5	75.0	75.1	76.0	76.7	77.4	78.6	78.7	79.4	80.1	80.9	81.7	82.3	83.0	83.4	84.0	84.4	85.0	85.3	85.6	86.8	87.9	88.7	88.9	88.3	88.4	88.6	87.8	88.7	
11	68.9	69.9	70.9	71.9	72.8	74.4	74.9	76.1	76.7	77.4	77.9	78.8	79.4	80.2	81.0	82.4	82.8	83.6	84.7	84.9	86.0	87.4	88.3	87.9	86.9	87.4	88.3	89.4	88.3	88.9	88.3	88.7	88.7	
12	67.9	69.7	70.4	71.3	72.8	73.3	74.3	75.5	76.6	76.9	78.2	79.0	78.7	80.4	80.4	81.4	82.6	83.0	83.0	84.3	84.5	85.3	85.9	86.4	86.1	87.2	87.1	87.3	87.5	88.1	87.5	88.5	88.5	
13	68.5	69.7	70.5	70.8	72.3	72.5	74.0	74.5	75.5	76.2	77.3	78.8	78.6	79.2	80.2	81.0	81.5	82.6	82.0	83.1	84.2	83.6	83.9	85.5	85.4	85.8	86.3	86.5	86.7	87.0	87.3	87.5	87.5	
14	67.1	68.0	69.4	69.7	71.3	72.4	72.9	73.7	74.8	75.1	75.5	77.4	77.1	78.8	79.2	80.4	80.8	81.5	81.7	82.0	82.8	83.0	83.3	84.5	84.7	85.1	85.2	85.1	85.5	85.4	85.6	85.4	86.4	86.4
15	66.3	67.3	68.3	69.2	70.6	71.0	72.9	72.7	73.3	74.6	74.8	76.7	76.7	77.9	77.3	78.5	79.1	79.6	80.5	80.5	81.3	82.1	82.9	82.7	82.8	83.3	83.7	84.3	83.6	83.9	83.4	85.0	85.0	
16	66.4	67.7	68.5	68.6	70.2	70.7	71.4	71.7	73.8	74.2	74.3	74.8	75.9	76.6	77.7	78.0	78.2	78.7	79.3	80.2	80.4	80.6	80.8	81.0	81.7	82.3	82.2	81.8	82.2	81.8	82.2	82.5	82.5	

Datos medido con MatrxX + MultiCube (CG): DM _{ij} (30°)																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	67.2	67.9	68.6	69.3	70.0	70.9	71.6	72.2	72.9	73.6	74.2	74.7	75.7	76.0	76.7	77.2	77.7	78.1	78.6	78.9	79.3	79.7	80.0	80.9	82.5	85.5	80.8	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	
15	67.2	68.0	68.7	69.5	70.1	71.1	72.0	72.8	73.3	74.1	74.9	75.2	76.0	76.7	77.3	78.0	78.6	79.1	79.6	80.1	80.6	81.1	81.4	81.9	82.3	82.6	83.0	83.3	83.4	83.6	84.0	84.4	84.5	84.6
14	67.8	68.7	69.7	70.6	71.3	72.2	73.1	73.8	74.5	75.2	76.0	76.6	77.2	77.8	78.5	79.2	79.8	80.3	80.9	81.4	81.9	82.4	82.9	83.4	83.7	84.2	84.6	84.9	85.1	85.4	85.4	85.4	85.5	
13	68.3	69.3	70.3	71.3	72.1	72.9	73.8	74.5	75.1	75.8	76.5	77.2	77.8	78.5	79.2	80.0	80.7	81.3	82.0	82.6	83.3	83.7	84.3	84.8	85.7	86.2	86.7	87.0	87.3	87.4	88.4	88.4	88.4	
12	68.9	69.9	71.0	71.9	72.6	73.5	74.4	75.1	75.8	76.5	77.2	77.8	78.5	79.2	80.0	80.7	81.3	82.0	82.6	83.3	83.7	84.3	84.8	85.7	86.2	86.7	86.9	87.0	87.3	87.4	88.4	88.4	88.4	
11	69.3	70.3	71.4	72.3	73.1	74.0	74.8	75.5	76.1	76.9	77.8	78.4	79.0	79.7	80.4	81.2	81.9	82.5	83.2	83.8	84.4	84.9	85.5	86.0	86.6	86.9	87.4	87.6	87.9	87.9	88.0	88.0	88.0	
10	70.0	71.0	71.8	72.7	73.5	74.3	75.0	75.6	76.3	77.0	77.8	78.5	79.2	80.1	80.8	81.5	82.3	83.0	83.6	84.1	84.6	85.1	85.6	86.3	86.9	87.5	87.8	88.3	88.3	88.4	88.4	88.4	88.4	
9	70.0	71.1	71.9	73.0	73.6	74.4	75.2	76.0	76.8	77.4	78.1	78.8	79.3	80.1	80.8	81.5	82.3	83.0	83.6	84.1	84.6	85.1	85.6	86.3	86.9	87.5	87.8	88.3	88.3	88.4	88.4	88.4	88.4	
8	70.3	71.3	72.2	73.1	73.7	74.6	75.5	76.3	77.0	77.8	78.7	79.5	80.3	81.0	81.6	82.4	83.1	83.7	84.4	85.0	85.7	86.3	86.9	87.5	88.1	88.6	89.0	89.2	89.4	89.5	89.4	89.5	89.4	
7	70.6	71.6	72.4	73.2	73.8	74.7	75.7	76.6	77.3	78.1	79.0	79.9	80.8	81.6	82.1	82.7	83.4	84.1	84.6	85.1	85.6	86.3	86.9	87.5	87.9	88.3	88.8	89.1	89.4	89.7	89.9	89.9	89.9	
6	71.6	72.4	73.9	74.9	75.3	76.1	76.9	77.6	78.3	79.0	79.8	80.6	81.4	82.1	82.6	83.3	84.0	84.6	85.1	85.6	86.3	86.9	87.5	87.9	88.3	88.8	89.1	89.4	89.7	89.9	89.9	89.9	89.9	
5	71.0	71.7	72.6	73.3	74.1	75.1	76.1	76.9	77.8	78.7	79.6	80.3	81.0	81.8	82.4	83.3	83.8	84.5	85.2	85.7	86.3	86.9	87.3	87.9	88.4	88.6	89.0	89.4	89.7	90.1	90.2	91.2	91.2	
4	71.1	71.9	72.7	73.4	74.3	75.3	76.2	77.1	78.0	78.9	79.7	80.5	81.1	81.7	82.5	83.2	83.9	84.5	85.2	85.8	86.5	87.2	87.6	87.9	88.4	88.8	89.2	89.5	89.8	90.1	90.4	91.4	91.4	
3	72.0	72.7	73.4	74.2	75.1	76.0	76.8	77.6	78.4	79.2	80.0	80.8	81.5	82.2	82.9	83.6	84.3	85.0	85.7	86.4	87.1	87.6	88.0	88.4	88.8	89.2	89.5	89.8	90.1	90.4	91.4	91.4		
2	72.3	72.9	73.7	74.6	75.4	76.6	77.4	78.2	79.0	79.8	80.6	81.2	81.8	82.6	83.3	83.9	84.5	85.3	85.9	86.7	87.4	87.9	88.3	88.7	89.0	89.4	89.7	89.9	90.1	90.6	91.6	91.6		
1	71.4	72.1	72.8	73.8	74.6	75.5	76.6	77.6	78.3	79.1	79.9	80.6	81.2	81.9	82.8	83.4	84.1	84.6	85.5	86.1	86.8	87.4	87.9	88.5	88.9	89.1	89.5	89.9	90.1	90.3	90.8	91.8	91.8	
0	71.9	72.5	73.3	74.3	75.1	76.0	76.9	77.8	78.6	79.4	80.2	81.0	81.7	82.5	83.3	84.0	84.7	85.4	86.1	86.8	87.4	87.9	88.5	88.9	89.1	89.5	89.9	90.1	90.3	90.8	91.8	91.8		
16	71.1	71.8	72.5	73.4	74.4	75.4	76.4	77.5	78.3	79.0	79.9	80.5	81.4	82.0	82.7	83.4	84.0	84.7	85.4	86.1	86.8	87.4	87.9	88.5	88.8	89.1	89.4	89.8	90.0	90.3	90.5	91.6	91.6	
15	71.1	71.9	72.6	73.4	74.4	75.4	76.4	77.3	78.2	79.0	79.9	80.6	81.4	82.2	82.8	83.5	84.2	84.8	85.6	86.2	86.8	87.4	87.9	88.4	88.8	89.0	89.5	89.8	90.1	90.3	90.5	91.5	91.5	
14	71.9	72.6	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3	78.1	78.9	80.0	80.7	81.3	82.3	82.9	83.6	84.1	85.1	85.6	86.3	86.8	87.5	87.9	88.3	88.7	89.0	89.4	89.8	90.1	90.3	90.5	91.4	91.4	91.4	
13	71.8	72.6	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3	78.1	78.9	80.0	80.7	81.3	82.3	82.9	83.6	84.1	85.1	85.6	86.3	86.8	87.5	87.9	88.3	88.7	89.0	89.4	89.8	90.1	90.3	90.5	91.4	91.4	91.4	
12	70.9	71.8	72.6	73.3	74.3	75.3	76.2	77.0	78.0	78.9	79.7	80.7	81.5	82.3	83.0	83.7	84.4	85.0	85.6	86.3	86.8	87.3	87.7	88.0	88.5	89.0	89.3	89.7	90.1	90.2	91.2	91.2	91.2	
11	70.7	71.7	72.6	73.3	74.2	75.2	76.0	76.8	77.7	78.6	79.5	80.3	81.2	82.0	82.7	83.4	84.1	85.0	85.4	85.9	86.4	86.9	87.4	87.9	88.4	88.9	89.3	89.5	89.9	90.1	90.1	91.0	91.0	
10	71.5	72.5	73.0	73.8	74.7	75.6	76.5	77.4	78.3	79.2	80.1	81.0	81.8	82.6	83.4	84.2	85.0	85.8	86.6	87.4	88.2	88.9	89.6	90.3	91.0	91.7	92.4	93.1	93.8	94.5	95.2	95.9	96.6	
9	70.2	71.2	72.3	73.2	74.0	74.9	75.6	76.5	77.3	78.1	78.9	79.8	80.7	81.6	82.1	82.9	83.5	84.2	84.8	85.4	85.9	86.5	87.0	87.6	88.0	88.5	89.0	89.3	89.4	89.6	89.4	90.3	90.3	
8	69.0	70.0	72.1	73.0	73.9	74.6	75.5	76.2	77.0	77.8	78.7	79.5	80.3	81.1	81.8	82.5	83.2	83.8	84.5	85.0	85.6	86.1	86.7	87.2	87.8	88.2	88.7	89.0	89.1	89.1	89.0	89.1	89.0	
7	69.5	70.6	72.6	73.5	74.5	75.3	76.1	76.9	77.7	78.5	79.3	80.1	80.9	81.7	82.5	83.3	84.0	84.7	85.4	85.9	86.5	87.0	87.5	88.0	88.5	89.0	89.3	89.4	89.6	89.7	89.6	89.6	89.6	
6	69.0	70.0	71.2	72.2	73.2	74.0	74.8	75.6	76.4	77.0	77.8	78.6	79.5	80.1	80.8	81.5	82.2	82.8	83.5	84.1	84.6	85.3	85.8	86.3	86.8	87.1	87.5	87.8	87.9	88.0	88.0	88.0	88.0	
5	68.7	69.6	70.7	71.6	72.6	73.5	74.4	75.1	75.9	76.6	77.3	78.0	78.9	79.6	80.2	81.0	81.7	82.3	82.9	83.5	83.9	84.5	85.0	85.5	86.3	86.7	87.0	87.2	87.3	87.3	88.3	88.3	88.3	
4	68.1	69.0	70.1	71.0	71.9	72.7	73.5	74.4	75.1	75.8	76.7	77.3	78.1	78.8	79.4	80.1	80.8	81.4	82.1	82.6	83.1	83.6	84.1	84.5	85.0	85.3	85.7	86.1	86.3	86.5	86.4	87.5	87.5	
3	67.6	68.4	70.0	70.6	71.5	72.4	73.2	74.0	74.8	75.6	76.4	77.2	77.9	78.7	79.4	80.1	80.8	81.4	82.1	82.6	83.1	83.6	84.1	84.5	85.0	85.3	85.7	86.1	86.3	86.5	86.4	87.5	87.5	
2	67.6	68.2	69.8	69.8	70.6	71.5	72.2	73.0	73.6	74.4	75.1	75.7	76.4	77.0	77.8	78.3	78.9	79.3	79.9	80.3	80.8	81.1	81.5	81.9	82.3	82.5	82.8	82.9	83.1	83.2	83.2	83.2	83.2	

$FC_{ij}(35^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(35^\circ)$																															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	62.9	63.7	64.6	66	66.4	67.3	68.1	68.8	69.9	70.7	71.3	71.6	72.6	73.2	74.0	74.9	75.3	76	76.3	77.3	77.8	78.3	78.8	79.5	80.4	80.6	80.8	80.4	81.2	82.5	83.6	88.5	
15	62.9	64.6	65.7	66.1	67.8	68.6	69.3	70.4	71.3	72.2	72.6	73.6	74.3	74.9	75.6	76.3	77.5	77.8	78.8	79	79.7	80.5	82	82.7	83.1	84.2	84.3	84.8	85.2	86.2	86.6	90.4	91.2
14	64.4	66.2	66.4	67.8	68.7	70	69.5	71.2	71.8	73.2	73.8	74.7	75.0	76	76.9	77.9	78.4	79.1	79.4	80.4	81.4	82.2	82.6	82.6	83.3	84.2	83.3	84.1	85.0	86.5	87.5	91.7	91.7
13	65.0	66.6	67.1	68.7	69.6	70.3	71.0	71.9	72.8	73.6	74.2	75.3	76.4	77.1	77.9	78.4	79.1	79.8	80.6	81.6	82.3	83.1	84.0	84.4	84.8	85.3	85.2	86.2	86.8	87.2	88.8	91.7	91.7
12	65.8	66.7	67.1	68.6	69.8	70.7	71.8	72.2	73.5	74	75.2	76.3	77.1	77.5	78.3	78.8	80.1	80.5	81.0	82.3	83.3	84.1	84.5	85.4	85.5	85.9	85.9	86.7	87.1	87.5	89.5	93	93
11	66.1	67.2	67.9	68.9	69.9	71.2	72.8	73.1	74.0	75.4	75.5	76.6	77.3	77.9	78.9	79.8	80.6	81.1	82.3	82.7	83.2	84.4	84.8	85.7	86.3	87	87.0	87.4	87.6	88.8	90.6	93.5	93.5
10	65.8	67.3	68.5	69.7	70.9	71.6	72.5	73.6	74.3	74.9	75.8	76.9	77.6	78.6	79.7	80.7	80.9	81.8	82.6	83.1	83.6	84.7	85.2	85.6	86.6	87.7	88.2	88.2	88.6	89.4	91.0	94.3	94.3
9	66.1	68.1	68.9	69.9	70.5	71.7	73.0	73.7	75.2	75.5	76.3	76.9	77.8	78.4	79.1	80.6	81.9	81.9	82.7	83.6	84.3	84.9	84.9	85.2	86.5	88.2	88.1	88	88.7	89.6	90.6	94.5	94.5
8	66.8	67.7	69.1	70.1	71.0	72	73.2	73.8	75.2	75.7	76.5	77.5	78.8	78.6	80.0	80.5	81.2	81.9	82.7	83.7	85.0	85.8	85.5	86.7	87.5	88.5	88.1	88.7	89.4	90.2	91.2	95.2	95.2
7	66.9	68.3	70.0	70.8	71.6	72.4	73.3	74.1	75.0	75.5	77.1	77.7	78.2	79.1	80.3	81.4	82.7	82.3	83.0	83.7	85.0	85.8	86.7	87.3	87.8	88.8	88.3	88.4	89.8	90.9	92.6	95.4	95.4
6	67.5	68.3	69.7	71.2	72.2	72.6	73.9	75.5	75.8	77.3	77.5	78.3	80	80.3	81.4	81.7	82.7	83.6	83.7	84.8	85.2	85.8	86.9	88.3	88.8	88.9	89.2	89.6	90.8	92.7	95.7	95.7	95.7
5	67.3	68.8	69.6	70.9	71.6	72.3	73.5	74	75.6	76.4	77.1	77.7	78.8	79.5	80.4	81.2	82.4	83.3	83.3	84.3	84.8	85.7	86.6	87.2	87.8	88.1	88.7	89.3	89.8	90.9	92.6	95.4	95.4
4	67.8	69.3	69.6	71.2	71.9	72.6	73.4	74.4	75.5	76.5	76.7	78.2	78.8	79.8	80.6	81.2	82.5	83.4	84.1	84.7	85.5	85.9	86.6	87.8	87.8	88.1	88.2	89.6	90.2	91.6	92.5	96.1	96.1
3	67.6	69	70.2	70.6	71.7	72.4	73.5	74.4	75.6	76.7	77.3	78.2	79.1	80.1	80.9	82	82.5	82.9	83.7	84.8	86.0	86.3	86.7	88.1	88.1	88.5	89.1	89.3	89.7	92	93.3	95.2	95.2
2	67.5	68.7	69.6	70.4	71.4	72.6	73.5	74.9	75.8	77	77.8	78.4	79.7	80.4	80.5	81.9	83.0	83.1	84.1	85.1	85.5	86.1	86.9	87.4	88.4	89.4	89.3	89.8	89.7	90.8	93.4	95.7	95.7
1	67.5	69.1	69.8	71.1	72.0	73.2	73.3	74.1	75.7	76.5	77.7	79	79.3	80.1	81.1	82.2	83.1	83	83.7	85.3	85.6	86.2	87.0	87.2	88.0	88.9	89.4	89.8	91.2	92.6	96.6	96.6	96.6
2	67.9	69	69.7	70.9	71.5	73	74.2	75.1	75.6	76.7	77.8	78.1	79.4	80	80.1	82	82.3	83.5	84.1	85.4	86.2	86.5	87.0	87.5	87.7	88.9	89.4	89.7	90.0	91	92.9	95.8	95.8
3	68.2	68.9	69.6	71.3	72.4	72.7	73.5	74.8	75.5	76.3	77.5	78	78.6	79.7	80.4	82.2	82.4	83.5	84.5	85	85.3	86	86.7	87.7	87.9	88.9	89.3	89.7	89.8	90.5	92.9	95.5	95.5
4	66.8	67.8	69.7	70.6	72.0	72.3	73.2	74.2	75.8	76.9	77.5	78.4	79.0	80.4	81.1	81.3	82.1	83.3	84.0	84.8	85.2	86.2	86.1	87.4	87.6	88.9	88.9	89.3	90.2	91.8	92.5	94.8	94.8
5	67.6	68.7	69.5	70.4	71.6	72.5	73.3	74.3	75.6	76.8	77.3	77.7	78.6	80.1	81.1	81.3	82.1	83.5	83.4	84.4	85.8	85.9	86.3	87.3	87.7	88.2	88.7	89.4	89.4	91.4	92.4	96.1	96.1
6	67.7	68.2	69.8	70.4	71.4	72.4	73.8	74.2	75.6	75.4	76.9	77.6	78.4	79.6	80.1	81.3	82.1	83.2	83.5	84.4	84.7	85.8	85.9	87	87.7	88.1	88.5	89.6	90.5	91	92.1	94.4	94.4
7	67.7	68.6	69.3	70.4	71.6	72.7	73.4	74.1	74.8	75.7	76.6	78	78.9	79.9	80.6	83.5	81.7	82.6	83.1	84	84.1	86.1	86.4	87	87.3	87.9	88.5	89.2	89.7	90.5	91.9	94.8	94.8
8	66.9	68.6	69.6	71.2	71.7	72.4	73.5	74.3	74.7	76.1	75.7	77.4	78.2	79.1	79.2	80.8	81.7	82.7	82.9	83.4	84.2	85.2	85.8	86.3	87.4	87.9	88.5	88.9	90.2	91.6	95	95	95
9	67.1	67.6	68.7	70.9	70.9	72.1	73.4	73.5	74.2	75.6	76.1	77.2	77.7	78.9	79.1	79.9	81.6	81.4	82.1	83.2	83.8	85.1	85.4	86.3	86.9	87.8	88.1	88.1	88.3	89.4	91.1	93.9	93.9
10	66.7	67.5	68.9	70.7	71.5	72.2	72.8	73.4	74.3	75.1	76.1	76.2	77.9	77.8	79.5	80.1	80.9	81.6	82.9	83.0	84.7	84.9	86.1	85.5	87.6	87.6	87.7	87.5	88.9	91.1	96.2	96.2	96.2
11	65.8	66.6	67.5	69.2	70.4	71.4	71.9	72.8	73.7	74.9	75.9	76.1	77.2	77.8	78.2	79.7	80.2	81.2	82.2	83	82.7	84.3	85.2	85.3	86.5	87.1	86.2	87.2	88.2	89.2	90.7	93.8	93.8
12	66.0	66.4	67.3	68.9	70.1	71.2	72.0	72.6	73.5	74.5	75.4	75.1	77.2	77.2	77.7	78.6	80.3	80.7	81.5	82.4	82.9	84	83.5	84.3	85.1	86.2	87.1	86.7	87.3	87.5	89.2	93	93
13	65.1	65.7	66.9	68.5	69.2	70.1	70.6	72.4	72.8	74.1	74.7	75.8	76.0	77.1	77.6	77.9	79.6	80.4	81.1	81.5	81.9	82.7	83.4	84	84.6	85.1	85.8	85.9	85.8	86.8	88.5	92.4	92.4
14	64.8	65.8	65.8	67.5	68.4	69.9	70.1	71.4	71.7	72.8	73.6	74.6	74.6	75.8	76.3	77.2	78.4	79.6	79.9	80.6	80.7	81.2	82.3	83.1	83.7	84.5	84.6	84.6	86.3	88.2	91.2	94.2	94.2
15	63.9	64.7	66.1	67.2	67.9	69.1	69.7	70.1	71.5	72.1	72.7	73.3	74.7	75.1	76.2	76.3	77.2	78.4	78.2	78.9	79.6	80.5	80.9	81.4	82.1	83	83.3	83.6	83.8	84.5	86.9	90	90
16	63.9	64.7	66.1	66.5	68.2	68.8	69.1	69.9	71	71.3	72.3	73.2	74.3	75.3	76.3	74.2	74.2	75.8	76.9	77.5	78.5	78.1	79.0	80.1	80.4	81.7	82.7	83.1	84.1	87.1	82.7	83.9	83.9

		Dosis medida con Matr-XX + Ms H-Cube (cGy): DM _{ij} (35°)																															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	64.4	65.0	65.7	66.4	67.2	68.0	68.8	69.6	70.2	71.0	71.7	72.2	72.9	73.6	74.3	74.9	75.4	76.0	76.6	76.9	77.4	77.8	78.3	78.6	78.9	79.2	79.5	79.7	80.8	82.9	84.9	86.9	91.4
15	64.4	65.2	65.7	66.6	67.4	68.2	69.1	70.0	70.7	71.5	72.2	72.8	73.5	74.2	74.9	75.7	76.3	76.9	77.6	78.1	78.7	79.3	79.7	80.2	80.6	81.1	81.6	82.0	82.6	84.1	85.9	88.2	93.1
14	64.9	65.7	66.8	67.7	68.5	69.3	70.2	71.0	71.8	72.5	73.3	74.0	74.6	75.4	76.1	76.9	77.5	78.2	78.8	79.5	80.0	80.6	81.1	81.7	82.2	82.8	83.3	83.8	84.4	85.9	88.2	93.1	93.1
13	65.5	66.4	67.5	68.4	69.3	70.1	71.0	71.8	72.6	73.4	74.2	74.9	75.6	76.3	77.0	77.7	78.4	79.2	79.8	80.5	81.2	81.9	82.5	83.1	83.7	84.3	84.9	85.5	85.9	86.5	87.9	90.2	94.9
12	66.1	67.0	68.1	69.0	69.9	70.7	71.5	72.1	73.0	73.7	74.5	75.3	76.0	76.8	77.6	78.4	79.2	79.8	80.5	81.2	81.9	82.5	83.1	83.7	84.3	84.9	85.5	85.9	86.5	87.9	90.2	94.9	94.9
11	66.5	67.6	68.6	69.6	70.3	71.1	71.9	72.6	73.4	74.2	75.0	75.8	76.5	77.3	78.2	78.9	79.7	80.4	81.1	81.8	82.5	83.2	83.8	84.5	85.2	85.7	86.3	86.7	87.3	88.6	91.0	95.6	95.6
10	67.1	68.2	69.2	70.0	70.8	71.6	72.4	73.2	74.0	74.8	75.6	76.4	77.2	78.0	78.8	79.6	80.4	81.2	82.0	82.8	83.6	84.4	85.2	86.0	86.8	87.6	88.4	89.2	90.0	91.0	93.8	98.4	98.4
9	67.3	68.2	69.2	70.1	70.7	71.5	72.2	73.1	74.0	74.9	75.8	76.6	77.4	78.2	79.1	79.8	80.5	81.2	82.0	82.7	83.4	84.1	84.7	85.4	85.9	86.5	87.2	87.7	88.4	89.8	92.2	96.8	96.8
8	67.6	68.5	69.4	70.2	70.9	71.7	72.5	73.4	74.3	75.2	76.1	77.0	77.8	78.6	79.4	80.1	81.0	81.7	82.4	83.1	83.7	84.4	85.1	85.6	86.3	86.8	87.3	88.0	88.7	90.2	92.6	97.1	97.1
7	67.8	68.6	69.5	70.3	71.0	71.9	72.7	73.5	74.6	75.5	76.3	77.4	78.1	78.9	79.7	80.5	81.3	82.0	82.7	83.4	84.1	84.7	85.3	85.8	86.6	87.1	87.8	88.5	89.5	91.0	93.7	98.4	98.4
6	68.0	68.9	69.8	70.5	71.3	72.0	72.8	73.6	74.5	75.4	76.3	77.2	78.0	78.8	79.6	80.4	81.2	82.0	82.8	83.6	84.4	85.2	86.0	86.8	87.6	88.4	89.2	90.0	91.0	93.8	98.4	98.4	98.4
5	68.1	68.8	69.7	70.5	71.3	72.1	73.2	74.2	75.1	76.1	77.1	77.9	78.6	79.5	80.1	81.1	81.7	82.5	83.2	83.9	84.6	85.4	86.1	86.8	87.5	88.1	88.7	89.4	90.7	93.4	97.9	97.9	97.9
4	68.3	68.9	69.7	70.6	71.5	72.4	73.4	74.4	75.4	76.3	77.2	78.0	78.7	79.4	80.2	81.0	81.8	82.5	83.3	84.0	84.7	85.6	86.1	86.6	87.1	87.5	88.0	88.5	89.2	90.8	93.6	98.1	98.1
3	68.5	69.1	69.8	70.7	71.6	72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77.4	78.3	79.1	79.9	80.7	81.5	82.3	83.1	83.9	84.7	85.5	86.3	87.1	87.9	88.7	89.5	90.3	91.1	92.9	95.7	98.9	98.9	
2	68.4	69.1	69.8	70.8	71.7	72.6	73.7	74.7	75.6	76.5	77.3	78.1	78.8	79.6	80.3	81.1	81.9	82.5	83.3	84.1	85.0	85.8	86.3	87.0	87.4	87.8	88.2	88.7	89.3	90.9	93.7	98.4	98.4
1	68.5	69.1	69.9	71.0	71.8	72.6	73.9	74.9	75.7	76.6	77.3	78.2	78.9	79.6	80.5	81.3	82.0	82.7	83.5	84.3	85.1	85.8	86.4	87.1	87.6	88.0	88.5	88.9	89.4	91.0	93.9	98.7	98.7
0	68.6	69.2	69.9	70.8	71.6	72.5	73.6	74.6	75.6	76.6	77.5	78.4	79.2	79.9	80.8	81.6	82.4	83.2	84.0	84.8	85.6	86.4	87.2	87.9	88.6	89.3	89.9	90.6	92.2	95.0	98.8	98.8	
0	68.2	68.9	69.6	70.6	71.6	72.5	73.6	74.8	75.7	76.4	77.3	78.1	79.1	79.7	80.4	81.2	82.0	82.8	83.5	84.3	85.0	85.8	86.5	87.1	87.5	87.9	88.3	88.8	89.4	91.0	93.8	98.4	98.4
0	68.2	68.9	69.6	70.6	71.6	72.5	73.6	74.7	75.6	76.4	77.4	78.2	79.0	79.8	80.5	81.4	82.1	82.9	83.6	84.4	85.2	85.8	86.4	87.1	87.5	87.9	88.4	88.8	89.4	91.0	93.7	98.3	98.3
0	68.3	69.1	69.7	70.7	71.5	72.4	73.4	74.5	75.5	76.5	77.4	78.2	79.0	79.8	80.5	81.4	82.1	82.9	83.6	84.4	85.2	85.8	86.4	87.1	87.5	87.9	88.3	88.8	89.5	91.0	93.7	98.3	98.3
0	68.2	68.9	69.7	70.6	71.5	72.4	73.4	74.5	75.5	76.5	77.4	78.2	79.0	79.8	80.5	81.4	82.1	82.9	83.6	84.4	85.2	85.8	86.4	87.1	87.5	87.9	88.3	88.8	89.5	91.0	93.7	98.3	98.3
0	68.1	68.8	69.7	70.5	71.4	72.3	73.3	74.3	75.3	76.3	77.2	78.3	79.1	79.9	80.8	81.6	82.3	83.1	83.8	84.5	85.1	85.7	86.2	86.7	87.2	87.7	88.2	88.7	89.5	91.1	93.5	98.0	98.0
0	68.1	68.8	69.6	70.5	71.3	72.2	73.1	74.0	74.9	75.0	77.0	77.9	78.8	79.7	80.4	81.3	82.0	83.0	83.5	84.1	84.7	85.3	85.9	86.6	87.1	87.6	88.2	88.4	89.4	90.9	93.3	98.8	98.8
0	68.3	69.6	69.6	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.8	82.8	83.8	84.8	85.8	86.8	87.8	88.8	89.8	90.8	91.8	92.8	93.8	94.8	95.8	96.8	97.8	98.8	98.8
0	67.5	68.4	69.4	70.3	71.1	72.0	72.9	73.8	74.7	75.6	76.4	77.3	78.3	79.1	79.7	80.7	81.4	82.1	82.9	83.5	84.2	84.9	85.5	86.1	86.7	87.3	87.9	88.4	89.0	90.5	92.7	97.1	97.1
0	67.1	68.1	69.2	70.1	71.0	71.7	72.5	73.3	74.2	75.2	76.1	77.0	77.9	78.8	79.5	80.3	81.1	81.7	82.5	83.1	83.8	84.5	85.1	85.8	86.4	87.1	87.6	88.0	88.6	89.9	92.3	96.8	96.8
0	67.3	68.1	69.1	70.0	70.9	71.8	72.7	73.6	74.5	75.4	76.3	77.2	78.1	79.0	79.9	80.8	81.7	82.6	83.5	84.4	85.3	86.2	87.1	87.9	88.8	89.7	90.6	91.5	92.4	93.3	94.2	95.1	95.1
0	66.2	67.2	68.4	69.4	70.3	71.2	72.0	72.8	73.6	74.3	75.2	76.0	77.0	77.8	78.5	79.3	80.0	80.7	81.5	82.2	82.8	83.5	84.1	84.8	85.4	85.9	86.4	86.9	87.5	88.8	91.2	95.8	95.8
0	65.8	66.6	67.8	68.8	69.8	70.7	71.5	72.3	73.1	73.9	74.7	75.5	76.4	77.1	77.9	78.8	79.6	80.1	80.9	81.6	82.1	82.7	83.3	83.9	84.6	85.0	85.5	86.1	86.7	88.0	90.4	95.1	95.1
14	65.2	66.1	67.2	68.1	69.1	69.9	70.7	71.6	72.3	73.1	74.0	74.8	75.6	76.4	77.1	77.9	78.6	79.3	80.0	80.6	81.2	81.8	82.4	83.0	83.5	84.0	84.6	85.1	85.7	87.2	89.5	94.3	94.3
13	65.1	66.0	67.1	68.0	68.9	69.7	70.6	71.4	72.1	72.9	73.7	74.5	75.3	76.1	76.9	77.7	78.4	79.1	79.8	80.5	81.2	81.9	82.6	83.3	84.0	84.7	85.4	86.1	86.8	88.3	91.5	96.3	96.3
14	64.6	65.3	66.1	67.0	67.7	68.6	69.4	70.3	71.0	71.8	72.5	73.3	74.0	74.7	75.5	76.1	76.7	77.3	77.9	78.4	79.0	79.4	79.8	80.3	80.8	81.1	81.5	81.8	82.5	83.7	85.9	94.3	94.3

$FC_{ij}(40^\circ)$

Datos calculados con TPS (CG): $DX_{ij}(W)$																																		
Detector	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		596	603	617	621	638	642	652	660	663	671	677	680	696	701	707	720	718	731	736	738	748	743	749	752	762	759	777	800	825	857	743		
15		595	602	611	625	630	636	647	658	671	670	680	691	698	705	713	723	732	739	742	747	752	760	771	773	784	788	789	799	824	862	909	966	
14		605	620	624	635	640	652	662	671	683	688	692	702	711	718	730	739	749	759	766	770	780	785	793	802	810	815	824	844	879	931	984	983	
13		614	621	631	639	653	657	675	672	692	701	707	716	728	738	746	744	751	760	771	784	787	795	802	809	815	815	826	835	852	896	952	1002	
12		618	631	635	650	656	666	677	686	698	706	714	722	730	737	748	760	768	779	785	795	796	806	810	821	832	831	841	850	871	912	953	1001	
11		624	634	644	651	663	672	685	689	698	706	714	727	736	746	761	760	765	778	791	798	803	810	818	830	837	843	847	865	883	918	971	1019	
10		633	639	650	658	670	681	693	696	705	711	725	730	739	747	757	762	771	784	795	798	813	821	830	841	842	853	856	865	894	925	978	1019	
9		629	647	660	668	676	682	693	697	712	723	729	745	748	760	765	766	781	792	801	805	819	827	836	839	851	861	864	876	893	929	979	1019	
8		640	650	661	674	679	681	696	699	713	719	723	742	744	753	768	768	783	795	805	810	815	826	838	843	847	862	868	886	902	936	986	1027	
7		636	655	665	672	678	685	695	705	715	722	734	740	754	763	769	776	790	799	807	814	818	823	837	844	850	866	871	884	902	939	984	1027	
6		639	655	661	670	683	690	700	710	718	723	731	743	756	763	770	784	800	801	810	818	827	830	839	844	853	863	866	888	905	936	983	1030	
5		642	652	660	674	680	695	701	711	719	729	740	749	764	765	776	787	794	800	806	821	825	833	835	849	859	863	870	880	911	946	992	1035	
4		647	656	659	674	683	692	706	713	720	735	741	752	760	770	779	783	794	807	816	822	826	836	850	852	856	867	873	883	907	949	993	1035	
3		643	651	659	671	684	698	704	713	719	736	743	749	769	762	770	780	785	795	810	812	823	833	840	846	851	863	863	879	886	910	948	994	1037
2		641	655	664	675	683	692	699	713	724	729	741	751	764	768	784	794	799	809	817	828	836	838	845	848	860	862	874	886	908	943	994	1033	
1		647	655	666	678	688	699	706	711	725	737	742	752	764	778	792	793	795	811	818	830	833	840	848	856	860	863	872	883	905	944	987	1033	
1		640	647	663	673	682	695	707	713	725	734	748	759	768	777	781	788	797	805	814	826	831	843	845	854	860	871	868	887	910	947	995	1042	
1		648	657	668	679	679	693	702	713	727	737	748	755	765	769	775	788	798	807	813	823	841	841	846	856	861	869	874	887	906	954	997	1045	
3		645	655	664	677	691	693	704	714	723	736	747	758	764	769	781	788	797	806	817	829	836	844	846	851	853	867	875	886	913	943	996	1038	
4		649	654	665	678	686	694	705	715	719	729	737	756	758	771	784	789	798	810	813	822	831	842	841	843	855	865	876	893	910	948	987	1042	
5		644	654	666	677	686	691	707	710	718	733	742	758	765	774	780	787	798	808	815	823	825	837	846	851	853	868	872	887	904	953	989	1036	
6		646	653	655	667	682	694	701	711	721	729	741	748	760	769	779	783	789	801	809	824	826	836	838	847	860	862	871	886	913	943	982	1037	
7		645	656	659	667	678	689	695	710	718	734	744	744	752	766	772	782	791	798	796	815	821	832	846	850	857	864	870	888	907	943	986	1030	
8		641	652	658	674	681	696	700	713	717	727	735	751	758	762	769	778	788	798	806	814	810	819	825	838	846	856	869	884	903	941	982	1025	
9		638	642	657	664	681	693	699	708	714	725	729	741	751	757	763	775	787	792	802	808	819	830	833	843	849	863	867	878	893	940	974	1027	
10		643	644	658	668	677	682	697	699	707	712	720	734	749	751	760	769	776	786	793	801	808	816	825	838	846	862	860	874	900	931	975	1042	
11		627	639	649	661	670	681	692	703	714	717	727	732	744	751	763	770	781	782	786	805	808	817	828	834	845	853	854	863	887	921	962	1019	
12		623	638	643	653	655	675	685	696	709	716	719	729	739	743	752	764	775	782	792	795	802	818	817	824	833	843	846	865	883	916	959	1006	
13		616	632	640	648	662	672	683	690	699	713	717	728	736	742	752	756	765	778	784	793	804	810	810	810	812	823	827	834	844	870	906	950	1002
14		607	628	638	638	653	665	671	679	692	700	703	719	729	736	742	751	759	766	776	784	794	802	810	811	814	822	834	838	868	903	947	987	
15		610	615	624	634	643	649	659	668	679	688	698	709	718	723	729	734	747	749	764	768	771	783	788	788	799	808	812	827	844	880	923	974	
16		614	610	628	633	643	649	655	667	678	688	682	687	700	703	713	720	729	738	747	747	755	764	765	775	771	787	789	803	820	856	901		

Datos medidos con MatrixX + MultiCube (CG): $DM_{ij}(W)$																																		
Detector	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		613	620	626	634	642	650	658	667	673	682	688	694	702	709	717	723	730	736	741	746	751	756	761	765	769	775	790	810	812	846	887		
15		613	622	627	636	643	653	660	670	676	685	693	701	707	715	722	731	737	744	751	757	764	770	775	788	787	793	805	819	845	885	936	990	
14		620	628	638	645	664	662	671	679	688	695	704	711	719	726	735	742	750	756	764	771	776	784	790	797	803	810	820	838	864	904	952	1009	
13		625	635	644	654	661	670	679	687	695	703	711	719	726	734	742	750	757	765	773	781	789	796	803	810	817	824	831	840	858	884	911	953	1003
12		632	641	651	659	668	675	684	691	707	715	727	734	743	750	758	768	774	782	790	797	803	812	818	824	833	842	858	885	927	973	1029		
11		636	646	655	665	671	679	688	695	704	712	722	730	738	746	755	764	772	780	788	796	803	810	818	825	833	840	852	867	894	934	984	1041	
10		640	650	658	667	673	682	691	699	707	712	720	734	749	751	760	769	776	786	793	801	808	816	825	838	846	862	860	874	900	931	975	1042	
9		643	652	660	669	675	684	692	702	710	720	730	738	747	756	765	773	781	789	797	80													

$FC_{ij}(45^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(45^\circ)$																			
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4
16		57.2	57.5	58.8	59.4	59.6	60.9	61.6	62.3	62.9	64.8	65.5	65.9	66.7	66.9	67.3	68.8	70.5	70.6	71.2	72.0
15	56.6		57.4	57.7	59.0	60.0	61.2	61.9	62.1	63.0	64.4	65.3	66.4	67.0	68.0	68.1	69.0	70.0	71.5	71.7	72.1
14	57.3	58.3		59.2	60.3	61.6	62.3	62.8	63.8	64.0	65.3	66.2	67.1	67.7	68.8	70.1	70.6	71.6	72.6	73.5	74.2
13	57.6	59.0	59.9		60.1	61.5	62.6	63.5	64.2	65.6	66.5	67.4	67.9	68.9	69.6	71.3	72.5	73.4	73.5	74.5	75.2
12	58.9	59.5	61.2	61.8		62.5	63.6	64.5	65.6	66.4	67.3	68.3	69.0	69.7	70.7	72.0	72.7	73.5	75.1	75.8	76.1
11	59.2	59.8	61.6	62.5	63.1		64.6	65.2	65.8	67.0	67.8	68.4	69.7	70.4	71.5	72.0	73.5	74.3	75.1	76.1	77.0
10	59.3	59.8	61.0	62.4	63.8	64.3		66.0	66.1	67.4	68.2	69.1	69.3	70.9	71.5	72.2	74.0	74.3	75.3	75.9	77.1
9	60.5	61.1	62.4	63.2	63.7	64.9	65.9		66.6	67.0	68.4	69.2	69.9	71.0	71.7	73.1	74.5	75.2	75.7	77.2	78.2
8	59.7	61.1	62.6	62.9	64.0	65.2	65.9	66.8		67.4	68.5	69.3	70.3	71.7	72.9	73.4	74.7	75.1	76.8	77.2	78.3
7	59.9	61.0	62.2	63.6	64.1	64.9	65.9	67.2	67.6		68.9	69.7	71.3	71.9	72.6	73.6	74.4	75.5	76.5	76.8	78.5
6	60.6	61.4	62.3	63.3	63.8	64.8	65.9	66.5	67.6	68.4		69.8	70.0	70.7	72.0	72.9	74.2	75.4	76.2	77.0	77.7
5	60.6	61.8	62.2	64.2	65.5	66.0	66.6	67.7	68.4	69.7	70.5		71.4	72.0	73.8	75.0	75.6	76.6	77.1	77.8	78.8
4	60.5	61.2	62.0	63.5	64.8	65.8	66.4	67.9	68.0	69.3	70.8	72.0		72.9	73.9	74.7	75.7	77.0	77.6	78.6	79.2
3	61.5	61.9	62.1	63.2	64.2	65.9	67.0	67.9	68.4	69.7	70.6	71.5	73.0		73.5	74.8	76.0	76.8	77.6	79.2	80.4
2	60.9	61.8	62.6	63.2	64.5	66.0	66.8	67.5	68.2	69.8	70.8	72.6	72.6	74.2		75.2	76.0	77.1	78.1	78.5	79.5
1	60.2	61.8	62.7	63.7	65.1	65.9	66.9	67.9	69.0	70.5	70.5	71.9	72.8	74.1	74.9		75.6	76.9	77.4	78.3	79.7
1	61.4	62.5	62.7	63.8	64.8	66.2	66.6	67.8	69.1	70.6	71.1	72.0	72.8	74.0	74.5		75.7	77.3	78.4	78.8	80.2
2	60.5	61.7	62.1	63.4	64.9	65.8	65.9	67.6	69.3	70.8	71.3	72.1	72.9	73.9	74.4		75.5	76.8	78.1	78.6	79.1
3	60.3	61.8	62.4	63.5	64.5	65.2	66.8	67.2	69.1	70.2	70.7	71.7	72.5	73.9	75.0		76.1	77.0	77.7	78.5	79.6
4	60.4	61.5	62.5	63.7	64.9	65.9	66.9	67.1	68.4	69.6	70.2	71.9	72.4	73.1	74.3		75.2	76.6	77.8	78.3	78.9
5	60.7	61.2	62.5	63.7	64.7	65.4	66.4	68.4	68.5	69.5	70.8	71.5	72.5	73.4	74.3		75.2	75.9	77.2	77.9	79.0
6	60.2	61.8	62.7	63.4	64.2	65.8	66.4	67.1	68.4	69.6	70.4	71.2	72.0	73.0	74.6		75.1	76.3	77.3	77.7	79.1
7	60.6	61.7	62.4	63.2	63.9	65.4	66.9	66.9	67.5	69.1	69.6	71.1	72.3	72.6	73.8		74.6	75.6	76.8	77.5	78.5
8	60.3	61.1	62.4	63.7	64.5	66.6	66.7	67.3	67.6	68.9	70.2	70.6	71.8	73.0	74.0		74.7	75.7	76.1	77.1	78.0
9	59.9	61.0	61.9	62.8	63.7	64.7	65.8	67.1	67.8	68.8	69.5	70.7	72.1	72.7	72.9		73.9	75.0	76.0	76.8	77.5
10	59.2	61.1	61.5	62.7	63.7	64.3	65.1	66.1	67.0	67.9	68.8	70.4	70.8	71.7	72.2		73.5	74.2	75.3	76.0	77.0
11	58.8	60.3	61.2	62.4	63.1	63.9	64.9	66.1	67.1	67.8	68.5	69.5	70.9	71.2	72.3		73.7	74.3	74.9	75.9	77.6
12	58.5	59.5	60.7	61.7	63.1	64.3	64.8	66.0	66.5	67.1	68.4	69.7	70.4	71.0	71.7		72.9	73.4	74.3	75.5	76.0
13	57.8	59.1	59.8	60.6	61.8	63.1	63.9	64.5	66.3	67.1	67.8	68.7	69.5	70.7	71.3		71.0	72.9	73.3	74.2	75.5
14	57.3	58.2	58.7	60.3	61.1	62.0	63.1	63.9	65.0	65.6	66.4	68.7	69.6	70.7	71.5		71.4	72.4	73.3	74.3	75.4
15	56.5	57.7	58.3	59.4	60.1	60.9	61.8	62.6	63.5	64.6	65.3	66.2	67.1	67.7	68.6		69.2	70.0	71.2	71.5	72.3
16	56.6	57.5	58.1	59.1	59.9	60.8	61.2	62.9	63.4	63.8	64.5	65.6	66.8	67.6	68.5		69.2	69.6	70.5	71.0	72.3

		Dosis medida con Matr-XX + Mu HCalc (cGy): $DM_{ij}(45^\circ)$																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		57.5	58.2	58.9	59.6	60.3	61.2	62.0	62.9	63.6	64.4	65.2	65.9	66.6	67.5	68.1	68.8	69.5	70.2	70.9	71.3	72.0	72.5	73.3	74.5	74.9	75.2	84.1	85.8	86.1	89.9	95.9	101.4	105.7
15	57.6		58.4	59.0	59.8	60.6	61.5	62.3	63.2	64.0	64.7	65.7	66.3	67.0	67.8	68.7	69.5	70.2	71.0	71.8	72.4	73.1	73.8	74.6	75.5	77.0	80.8	82.0	85.9	90.2	94.9	100.1	105.7	
14	58.2	59.0		60.0	60.8	61.6	62.4	63.3	64.2	65.0	65.8	66.7	67.5	68.1	68.9	69.9	70.7	71.4	72.3	73.0	73.8	74.5	75.3	76.0	77.1	78.5	80.9	84.0	87.9	92.2	97.0	101.9	107.6	
13	57.7	58.7	59.7		60.5	61.3	62.1	63.0	63.8	64.6	65.4	66.2	67.0	67.8	68.6	69.4	70.2	71.0	71.8	72.6	73.4	74.2	75.0	75.8	76.7	78.1	81.1	84.1	88.0	92.8	97.6	102.4	108.1	
12	59.4	60.2	61.2	62.0		62.8	63.6	64.5	65.3	66.2	67.0	67.9	68.7	69.6	70.4	71.4	72.3	73.1	74.0	74.9	75.7	76.5	77.3	78.1	79.2	80.8	83.1	86.2	90.2	95.1	99.3	104.1	109.9	
11	59.9	60.8	61.7	62.6	63.2		64.1	64.9	65.8	66.6	67.5	68.5	69.3	70.1	71.0	72.0	72.9	73.8	74.6	75.5	76.4	77.2	78.0	78.9	79.9	81.6	84.0	87.1	91.0	95.4	100.1	104.9	110.3	
10	59.2	61.1	61.5	62.7	63.3	64.3		65.1	66.1	67.0	67.9	68.8	69.7	70.5	71.5	72.5	73.5	74.2	75.3	76.0	77.0	77.8	78.5	79.4	80.5	82.0	84.3	87.6	91.6	96.1	100.7	105.5	111.0	
9	60.6	61.2	62.2	62.9	63.6	64.5	65.4		66.4	67.3	68.4	69.3	70.3	71.1	72.0	73.0	73.9	74.7	75.6	76.4	77.3	78.1	79.0	80.0	81.1	82.6	85.0	88.4	92.4	96.9	101.5	106.2	111.9	
8	60.8	61.6	62.3	63.1	63.8	64.7	65.7	66.7		67.7	68.7	69.6	70.6	71.4	72.4	73.3	74.2	75.1	76.0	76.8	77.7	78.5	79.3	80.2	81.2	82.8	85.0	88.1	92.2	96.7	101.3	106.7	111.9	
7	60.9	61.6	62.4	63.3	64.0	65.0	66.0	67.1	68.0		69.0	70.1	71.1	71.8	72.7	73.8	74.6	75.6	76.4	77.3	78.2	79.0	79.8	80.6	81.5	83.2	85.5	88.4	92.2	96.7	101.3	106.9	112.3	
6	61.0	61.7	62.5	63.4	64.2	65.2	66.2	67.3	68.4	69.4		70.5	71.3	72.2	73.1	74.0	75.0	75.8	76.7	77.6	78.5	79.3	80.1	80.9	81.8	83.5	85.8	88.7	92.5	97.0	101.7	107.2	112.7	
5	61.4	61.9	62.7	63.6	64.6	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.7		71.6	72.4	73.3	74.4	75.3	76.2	77.1	78.0	78.8	79.7	80.7	81.5	82.4	84.0	86.6	89.9	92.7	96.8	101.7	107.2	112.8	
4	61.5	62.0	62.8	63.8	64.8	65.9	67.0	68.0	69.0	70.0	71.0	72.0		72.9	73.8	74.7	75.6	76.5	77.4	78.3	79.2	80.1	81.0	81.9	83.5	86.1	89.4	92.7	96.9	101.8	107.3	112.9		
3	61.5	62.2	62.8	63.8	64.9	66.0	67.1	68.1	69.0	70.1	70.9	71.8	72.5		73.5	74.5	75.4	76.3	77.1	78.0	78.9	79.9	80.9	81.7	82.8	84.3	86.3	89.3	92.9	97.1	101.8	107.3	112.9	
2	61.6	62.3	63.1	64.1	65.0	66.0	67.2	68.3	69.2	70.1	70.9	71.9	72.7	73.6		74.7	75.6	76.5	77.3	78.2	79.1	79.9	80.9	81.8	82.9	84.4	86.4	89.4	93.1	97.3	102.0	107.2	113.0	
1	61.4	61.9	62.6	63.6	64.7	65.8	66.9	68.0	69.0	69.9	70.9	71.6	72.8	73.7	74.6		75.6	76.5	77.3	78.2	79.1	80.0	80.9	81.8	82.8	84.5	86.6	89.5	93.1	97.3	101.9	107.1	112.8	
16	61.9	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6		77.6	78.5	79.4	80.3	81.2	82.1	83.0	84.0	85.0	86.0	87.0	88.0	89.0	90.0	91.0	92.0	
15	61.2	61.9	62.7	63.6	64.5	65.4	66.3	67.2	68.1	69.0	69.9	70.9	71.8	72.8	73.7	74.6	75.6	76.5	77.4	78.3	79.2	80.1	81.0	81.8	82.8	84.4	86.4	89.3	93.0	97.2	102.0	107.0	112.8	
14	61.2	61.9	62.7	63.6	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.5	83.5	84.5	85.5	86.5	87.5	88.5	89.5	90.5	91.5	92.5	
13	61.2	61.9	62.7	63.6	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.5	83.5	84.5	85.5	86.5	87.5	88.5	89.5	90.5	91.5	92.5	
12	61.2	61.9	62.7	63.6	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.5	83.5	84.5	85.5	86.5	87.5	88.5	89.5	90.5	91.5	92.5	
11	61.2	61.9	62.7	63.6	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.5	83.5	84.5	85.5	86.5	87.5	88.5	89.5	90.5	91.5	92.5	
10	61.1	61.8	62.7	63.5	64.3	65.4	66.6	67.7	68.8	69.8	70.9	72.0	72.9	73.8	74.8	75.7	76.6	77.5	78.3	79.2	80.0	80.8	81.6	82.5	84.0	86.1	89.0	93.0	97.4	102.3	107.4	112.8		
9	61.0	61.8	62.6	63.4	64.3	65.3	66.3	67.3	68.4	69.5	70.5	71.5	72.5	73.6	74.5	75.4	76.3	77.4	78.0	78.9	79.6	80.5	81.2	82.3	83.8	86.0	89.0	92.8	97.4	102.3	107.2	112.7		
8	61.1	61.7	62.5	63.4	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3	80.3	81.3	82.3	83.3	84.3	85.3	86.3	87.3	88.3	89.3	90.3	91.3	92.3	
7	60.7	61.5	62.4	63.2	64.0	65.0	65.9	66.9	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.7	74.7	75.6	76.5	77.4	78.2	79.0	79.8	80.7	81.7	83.3	85.5	88.7	92.8	97.3	102.2	106.8	112.1		
6	60.5	61.2	62.3	63.1	63.8	64.6	65.5	66.4	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5	73.3	74.4	75.1	76.0	77.0	77.7	78.5	79.4	80.2	81.4	82.9	85.3	88.5	92.5	97.0	101.6	106.3	111.6		
5	60.1	61.0	61.9	62.8	63.6	64.5	65.3	66.2	67.1	68.1	69.0	70.1	71.1	72.0	72.9	73.8	74.7	75.6	76.4	77.3	78.1	79.0	79.8	80.8	82.6	85.0	88.1	92.1	96.5	101.1	105.8	111.1		
4	60.0	61.6	62.5	63.4	64.3	65.2	66.1	67.0	67.9	68.8	69.7	70.6	71.5	72.4	73.3	74.2	75.1	76.0	76.9	77.8	78.7	79.6	80.5	81.4	83.2	85.6	88.7	92.7	97.1	101.5	106.0	111.3		
3	59.1	59.9	61.0	61.9	62.8	63.7	64.6	65.4	66.3	67.1	68.0	68.9	69.9	70.7	71.6	72.7	73.6	74.4	75.1	75.9	76.7	77.5	78.3	79.4	81.1	83.3	86.4	90.4	94.9	99.6	104.3	109.8		
14	58.5	59.3	60.3	61.1	62.2	62.9	63.8	64.7	65.7	66.4	67.3	68.3	69.2	69.9	70.9	71.8	72.5	73.3	74.2	75.0	75.7	76.6	77.3	78.4	80.2	82.5	85.3	89.3	93.8	98.6	103.3	108.9		
13	57.9	58.3	59.3	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3	81.1	83.3	86.3	90.3	94.8	99.3	104.0	109.6			
16		57.9	58.5	59.2	60.1	60.9	61.8	62.7	63.5	64.3	65.2	66.0	66.9	67.8	68.5	69.4	70.1	70.7	71.4	72.1	72.8	73.5	74.1	75.0	75.6	76.5	77.6	78.1	79.5	81.5	83.5	85.4	87.4	89.9

$FC_{ij}(50^\circ)$

Datos calculada con TPS (CG): $DX_{ij}(50^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	32	32	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
15	32	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
14	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
13	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
12	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
11	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
10	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
9	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
8	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
7	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
6	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
5	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
4	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
3	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
2	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
1	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
0	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34

		Datos medido con MatriceX + MultiCube (CG): $DM_{ij}(50^\circ)$																															
Detector	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
15	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
14	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
13	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
12	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
11	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
10	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
9	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
8	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
7	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
6	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
5	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
4	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
3	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
2	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
1	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
0	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34

Factores de corrección: FC (50°)																																	
Detector	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	0.9814	0.9867	0.9872	0.9888	0.9888	0.9924	0.9974	1.0042	1.0072	0.9997	1.0064	1.0064	1.0070	1.0072	0.9946	1.0043	1.0063	1.0105	1.0105	1.0058	1.0000	1.0003	0.9967	1.0002	1.0095	1.0119	1.0304	1.0236	1.0439	1.0648	1.0849	1.1049	
15	0.9815	0.9850	0.9877	0.9739	0.9902	0.9870	0.9881	0.9785	0.9936	0.9972	0.9938	1.0063	1.0015	1.0020	1.0131	1.0169	1.0055	1.0054	1.0062	1.0125	1.0007	1.0015	0.9971	0.9940	0.9993	0.9971	0.9803	1.0029	1.0012	1.0025	0.9917	1.0049	
14	0.9900	0.9853	0.9963	0.9861	0.9977	0.9888	0.9933	0.9978	0.9913	0.9963	0.9947	0.9986	0.9984	0.9996	1.0006	1.0089	1.0043	1.0023	1.0021	1.0159	0.9988	0.9883	0.9878	0.9893	0.9892	0.9984	0.9984	1.0037	1.0011	1.0083	1.0083	1.0083	
13	0.9831	0.9874	0.9892	0.9880	0.9835	0.9914	1.0000	0.9991	0.9982	0.9942	0.9975	1.0028	0.9980	1.0005	0.9988	1.0033	1.0024	1.0041	0.9857	1.0059	0.9997	0.9929	0.9903	0.9962	0.9906	0.9780	0.9930	0.9907	0.9888	0.9931	0.9988	1.0099	
12	0.9721	0.9780	0.9870	0.9902	0.9877	0.9921	0.9954	0.9904	1.0056	1.0013	1.0013	0.9943	0.9889	0.9950	0.9884	0.9885	1.0011	0.9929	0.9997	0.9954	0.9986	0.9917	0.9906	0.9973	0.9928	0.9880	0.9863	0.9757	0.9893	0.9905	0.9992	1.0015	
11	0.9722	0.9810	0.9869	0.9832	0.9875	1.0013	1.0014	0.9944	0.9894	0.9850	0.9916	0.9873	0.9780	0.9926	0.9858	0.9858	0.9883	1.0042	0.9984	0.9955	0.9923	0.9868	0.9840	0.9856	0.9890	0.9866	0.9890	0.9856	0.9905	1.0000	1.0099		
10	0.9882	0.9885	0.9871	0.9890	0.9928	0.9950	0.9933	0.9900	0.9926	0.9818	0.9901	0.9952	1.0043	0.9980	0.9913	0.9889	0.9909	0.9930	0.9930	0.9883	0.9952	0.9974	0.9938	0.9902	0.9814	0.9803	0.9707	0.9882	0.9822	0.9923	0.9948	0.9819	
9	0.9890	0.9854	0.9877	0.9867	0.9902	0.9928	0.9950	0.9933	0.9900	0.9926	0.9818	0.9901	0.9952	1.0043	0.9980	0.9913	0.9889	0.9909	0.9930	0.9930	0.9883	0.9952	0.9974	0.9938	0.9902	0.9814	0.9803	0.9707	0.9882	0.9822	0.9923	0.9948	
8	0.9986	0.9887	0.9866	1.0017	0.9914	0.9884	0.9955	0.9828	0.9825	0.9955	0.9883	0.9867	0.9960	0.9857	0.9864	0.9967	0.9945	0.9966	1.0000	1.0019	0.9901	0.9805	0.9878	0.9830	0.9805	0.9783	0.9922	0.9850	0.9856	1.0016	1.0055		
7	0.9866	0.9875	0.9901	0.9840	0.9915	0.9933	0.9950	0.9950	0.9906	0.9885	0.9883	0.9978	1.0029	0.9978	0.9935	0.9953	0.9973	0.9911	1.0005	1.0025	0.9847	0.9916	0.9854	0.9840	0.9852	0.9880	0.9806	0.9837	0.9942	0.9957	1.0012	0.9861	
6	0.9978	0.9872	0.9878	0.9872	0.9902	0.9928	0.9950	0.9933	0.9900	0.9926	0.9818	0.9901	0.9952	1.0043	0.9980	0.9913	0.9889	0.9909	0.9930	0.9930	0.9883	0.9952	0.9974	0.9938	0.9902	0.9814	0.9803	0.9707	0.9882	0.9822	0.9923	0.9948	
5	0.9946	0.9969	0.9937	0.9920	0.9996	0.9987	0.9997	0.9953	0.9887	0.9955	0.9885	0.9886	0.9933	0.9914	0.9855	0.9875	1.0063	1.0031	1.0034	0.9995	0.9912	0.9926	0.9848	0.9783	0.9745	0.9768	0.9864	0.9896	0.9873	0.9968	1.0028	0.9871	
4	0.9819	0.9914	0.9858	0.9812	0.9923	0.9848	0.9868	0.9796	0.9862	0.9943	0.9844	0.9950	0.9911	0.9904	0.9943	0.9966	0.9997	0.9988	0.9988	0.9922	0.9901	0.9858	0.9848	0.9835	0.9765	0.9840	0.9830	0.9826	0.9794	0.9910	0.9934	0.9931	
3	0.9869	0.9833	0.9824	0.9756	0.9830	0.9853	0.9868	0.9933	0.9943	0.9947	0.9960	1.0004	0.9967	0.9863	1.0010	0.9910	0.9934	0.9948	1.0016	0.9997	0.9961	0.9874	0.9792	0.9713	0.9709	0.9809	0.9756	0.9809	0.9829	0.9914	0.9976	0.9910	
2	0.9867	0.9861	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	
1	0.9857	0.9834	0.9878	0.9810	0.9848	0.9957	0.9902	0.9910	0.9821	0.9821	0.9876	0.9970	0.9940	0.9906	0.9953	0.9956	0.9885	0.9915	0.9940	0.9900	0.9977	0.9956	0.9888	0.9778	0.9809	0.9739	0.9860	0.9886	0.9908	0.9951	1.0000	0.9989	
0	0.9956	0.9851	0.9881	0.9847	0.9958	0.9861	0.9858	0.9858	0.9864	0.9945	0.9946	0.9992	0.9984	0.9950	0.9850	0.9862	0.9960	0.9928	0.9899	0.9926	0.9808	0.9858	0.9863	0.9845	0.9806	0.9815	0.9761	0.9825	1.0037	0.9914	0.9996	0.9920	
16	0.9814	0.9867	0.9872	0.9888	0.9888	0.9924	0.9974	1.0042	1.0072	0.9997	1.0064	1.0064	1.0070	1.0072	0.9946	1.0043	1.0063	1.0105	1.0105	1.0058	1.0000	1.0003	0.9967	1.0002	1.0095	1.0119	1.0304	1.0236	1.0439	1.0648	1.0849	1.1049	
15	0.9815	0.9850	0.9877	0.9739	0.9902	0.9870	0.9881	0.9785	0.9936	0.9972	0.9938	1.0063	1.0015	1.0020	1.0131	1.0169	1.0055	1.0054	1.0062	1.0125	1.0007	1.0015	0.9971	0.9940	0.9993	0.9971	0.9803	1.0029	1.0012	1.0025	0.9917	1.0049	
14	0.9900	0.9853	0.9963	0.9861	0.9977	0.9888	0.9933	0.9978	0.9913	0.9963	0.9947	0.9986	0.9984	0.9996	1.0006	1.0089	1.0043	1.0023	1.0021	1.0159	0.9988	0.9883	0.9878	0.9893	0.9892	0.9984	0.9984	1.0037	1.0011	1.0083	1.0083	1.0083	
13	0.9831	0.9874	0.9892	0.9880	0.9835	0.9914	1.0000	0.9991	0.9982	0.9942	0.9975	1.0028	0.9980	1.0005	0.9988	1.0033	1.0024	1.0041	0.9857	1.0059	0.9997	0.9929	0.9903	0.9962	0.9906	0.9780	0.9930	0.9907	0.9888	0.9931	0.9988	1.0099	
12	0.9721	0.9780	0.9870	0.9902	0.9877	0.9921	0.9954	0.9904	1.0056	1.0013	1.0013	0.9943	0.9889	0.9950	0.9884	0.9885	1.0011	0.9929	0.9997	0.9954	0.9986	0.9917	0.9906	0.9973	0.9928	0.9880	0.9863	0.9757	0.9893	0.9905	0.9992	1.0015	
11	0.9722	0.9810	0.9869	0.9832	0.9875	1.0013	1.0014	0.9944	0.9894	0.9850	0.9916	0.9873	0.9780	0.9926	0.9858	0.9858	0.9883	1.0042	0.9984	0.9955	0.9923	0.9868	0.9840	0.9856	0.9890	0.9866	0.9890	0.9856	0.9905	1.0000	1.0099		
10	0.9882	0.9885	0.9871	0.9890	0.9928	0.9950	0.9933	0.9900	0.9926	0.9818	0.9901	0.9952	1.0043	0.9980	0.9913	0.9889	0.9909	0.9930	0.9930	0.9883	0.9952	0.9974	0.9938	0.9902	0.9814	0.9803	0.9707	0.9882	0.9822	0.9923	0.9948	0.9819	
9	0.9890	0.9854	0.9877	0.9867	0.9902	0.9928	0.9950	0.9933	0.9900	0.9926	0.9818	0.9901	0.9952	1.0043	0.9980	0.9913	0.9889	0.9909	0.9930	0.9930	0.9883	0.9952	0.9974	0.9938	0.9902	0.9814	0.9803	0.9707	0.9882	0.9822	0.9923	0.9948	
8	0.9986	0.9887	0.9866	1.0017	0.9914	0.9884	0.9955	0.9828	0.9825	0.9955	0.9883	0.9867	0.9960	0.9857	0.9864	0.9967	0.9945	0.9966	1.0000	1.0019	0.9901	0.9805	0.9878	0.9830	0.9805	0.9783	0.9922	0.9850	0.9856	1.0016	1.0055		
7	0.9866	0.9875	0.9901	0.9840	0.9915	0.9933	0.9950	0.9950	0.9906	0.9885	0.9883	0.9978	1.0029	0.9978	0.9935	0.9953	0.9973	0.9911	1.0005	1.0025	0.9847	0.9916	0.9854	0.9840	0.9852	0.9880	0.9806	0.9837	0.9942	0.9957	1.0012	0.9861	
6	0.9978	0.9872	0.9878	0.9872	0.9902	0.9928	0.9950	0.9933	0.9900	0.9926	0.9818	0.9901	0.9952	1.0043	0.9980	0.9913	0.9889	0.9909	0.9930	0.9930	0.9883	0.9952	0.9974	0.9938	0.9902	0.9814	0.9803	0.9707	0.9882	0.9822	0.9923	0.9948	
5	0.9946	0.9969	0.9937	0.9920	0.9996	0.9987	0.9997	0.9953	0.9887	0.9955	0.9885	0.9886	0.9933	0.9914	0.9855	0.9875	1.0063	1.0031	1.0034	0.9995	0.9912	0.9926	0.9848	0.9783	0.9745	0.9768	0.9864	0.9896	0.9873	0.9968	1.0028	0.9871	
4	0.9819	0.9914	0.9858	0.9812	0.9923	0.9848	0.9868	0.9796	0.9862	0.9943	0.9844	0.9950	0.9911	0.9904	0.9943	0.9966	0.9997	0.9988	0.9988	0.9922	0.9901	0.9858	0.9848	0.9835	0.9765	0.9840	0.9830	0.9826	0.9794	0.9910	0.9934	0.9931	
3	0.9869	0.9833	0.9824	0.9756	0.9830	0.9853	0.9868	0.9933	0.9943	0.9947	0.9960	1.0004	0.9967	0.9863	1.0010	0.9910	0.9934	0.9948	1.0016	0.9997	0.9961	0.9874	0.9792	0.9713	0.9709	0.9809	0.9756	0.9809	0.9829	0.9914	0.9976	0.9910	
2	0.9867	0.9861	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	0.9867	
1	0.9857	0.9834	0.9878	0.9810	0.9848	0.9957	0.9902	0.9910	0.9821	0.9821	0.9876	0.9970	0.9940	0.9906	0.9953	0.9956	0.9885	0.9915	0.9940	0.9900	0.9977	0.9956	0.9888	0.9778	0.9809	0.9739	0.9860	0.9886	0.9908	0.9951	1.0000	0.9989	
0	0.9956	0.9851	0.9881	0.9847	0.9958	0.9861	0.9858	0.9858	0.9864	0.9945	0.9946	0.9992	0.9984	0.9950	0.9850	0.9862	0.9960	0.9928	0.9899	0													

$FC_{ij}(55^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(55^\circ)$																			
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4
16	47	44	48.3	48.8	50.8	50.7	51.9	52.8	53.4	54.3	55.2	55.6	56.8	58.3	58.9	59.4	60.5	62.4	63.5	65.8	67.3
15	47.3	48.8	49.3	50.0	51.0	52.1	52.8	53.7	54.7	55.5	55.9	57.5	58.6	58.9	60.4	61.1	61.9	63.0	64.8	67.1	69.2
14	48.4	49.3	50.1	51.0	51.9	52.3	54.0	54.9	55.6	56.6	57.5	58.6	59.5	60.0	60.7	61.5	63.2	64.8	66.4	67.6	70.2
13	48.9	49.8	51.1	52.1	53.0	53.4	54.4	55.8	56.2	57.3	58.8	59.6	60.3	60.7	61.6	63.9	63.7	65.5	67.0	69.6	71.6
12	49.8	50.8	51.1	52.2	52.5	54.5	54.6	55.6	56.9	57.6	58.5	59.7	60.6	61.6	62.7	63.6	64.9	66.7	68.0	69.7	72.8
11	50.4	51.3	51.4	52.8	54.3	54.3	55.6	56.3	57.3	58.6	58.6	60.5	60.9	61.7	63.4	64.9	66.1	66.9	68.6	70.3	73.0
10	50.2	50.7	51.6	53.2	54.4	55.2	56.0	56.9	58.0	59.0	59.8	60.9	61.4	62.7	63.4	64.8	65.8	66.9	68.7	71.1	73.5
9	50.9	51.4	52.2	53.5	54.4	55.1	55.8	57.1	58.4	59.3	59.7	61.3	62.1	62.7	64.3	65.3	65.9	67.9	69.7	71.9	74.0
8	51.3	51.8	52.4	53.5	54.2	55.5	56.5	57.6	58.5	59.7	60.4	61.5	62.5	63.5	64.4	65.1	66.7	67.8	69.8	72.1	74.1
7	50.8	51.9	52.7	54.1	54.5	55.7	56.7	57.6	58.8	59.7	60.4	61.1	62.7	63.8	64.4	65.5	67.3	68.6	70.2	72.9	74.7
6	50.6	52.5	52.8	53.8	54.8	55.7	57.0	58.2	59.1	60.1	60.9	62.3	63.2	64.2	65.0	65.8	67.5	69.4	71.1	72.9	75.2
5	51.1	52.5	53.2	53.8	55.4	56.0	57.2	57.9	59.4	60.1	60.9	62.5	63.2	64.5	64.8	65.9	67.7	68.9	70.8	73.2	75.3
4	49.7	52.3	52.8	54.3	55.3	56.2	57.4	57.8	59.2	60.4	61.0	62.4	64.2	64.7	64.9	67.1	68.2	69.2	71.3	73.8	75.6
3	50.9	52.2	53.8	54.5	55.3	56.6	57.4	58.6	59.8	60.1	61.4	62.6	64.0	64.5	66.0	66.9	68.4	69.4	71.6	73.6	76.5
2	51.4	52.7	53.1	54.2	55.5	56.6	57.5	58.5	60.2	60.9	61.2	63.2	64.0	65.1	65.8	66.8	68.2	69.5	70.9	73.8	76.2
1	51.3	52.3	53.3	54.7	55.3	56.6	58.0	58.3	59.8	60.7	62.1	62.5	63.8	65.1	65.9	66.8	68.5	69.4	71.4	73.7	75.9
1	51.9	52.6	53.7	54.5	55.5	56.4	57.8	58.5	59.2	60.3	61.5	62.9	63.9	64.5	65.1	67.0	67.8	68.7	71.0	73.4	76.4
2	51.2	52.7	54.1	54.2	55.2	56.6	57.4	59.0	59.2	60.9	61.5	63.1	64.2	64.5	65.3	67.2	67.8	69.4	71.3	73.2	75.6
3	51.5	52.2	53.1	54.0	54.5	56.3	56.9	58.7	59.3	60.7	61.5	62.8	64.3	65.0	66.3	67.1	68.0	69.2	71.0	73.5	75.9
4	51.2	52.0	52.9	54.4	55.8	56.5	57.5	58.1	59.3	60.0	61.4	62.8	63.6	64.5	66.7	67.1	67.6	69.3	70.4	72.8	75.4
5	51.3	52.0	52.6	53.5	55.2	56.3	56.9	57.7	58.9	60.1	61.0	62.5	63.0	64.1	65.4	66.1	67.2	68.3	70.0	72.2	75.2
6	51.1	51.5	52.9	53.8	54.5	55.5	56.4	58.1	58.6	60.3	61.1	61.9	62.7	63.7	64.8	66.0	67.6	68.3	70.0	72.3	74.7
7	51.0	51.8	53.1	54.1	54.9	55.5	56.7	57.3	58.3	58.9	60.9	62.0	62.8	63.6	64.4	65.6	66.1	67.8	69.7	72.1	75.3
8	50.6	51.8	51.8	53.0	54.2	55.1	56.1	56.8	57.4	58.3	59.3	61.0	61.9	62.6	63.1	64.2	65.1	66.1	67.8	69.4	72.1
9	50.2	51.0	52.0	53.0	54.2	55.1	56.5	56.8	57.7	59.2	59.5	60.4	62.0	62.7	64.1	64.4	66.3	67.3	68.7	71.8	73.6
10	50.0	51.0	51.9	52.6	53.7	54.5	55.9	56.4	56.9	57.9	58.8	60.1	61.4	62.4	63.5	64.6	65.9	67.8	69.8	72.6	75.0
11	49.7	50.6	51.3	52.8	53.0	54.2	55.1	56.1	56.8	57.6	58.4	60.1	61.7	62.8	64.1	64.9	67.0	67.5	70.2	72.5	76.1
12	49.7	50.3	50.6	52.1	53.1	53.6	54.3	55.3	56.1	57.3	58.3	59.4	61.1	61.9	63.0	64.0	65.8	67.5	69.6	72.0	75.3
13	48.5	49.1	50.5	51.5	52.2	53.0	53.9	54.9	55.4	56.7	57.3	58.3	59.8	60.4	60.6	62.2	63.3	64.5	66.3	68.6	71.2
14	48.1	48.8	49.4	50.1	51.6	51.7	52.9	53.6	54.4	55.4	56.6	57.1	58.1	59.5	60.4	61.0	61.6	63.4	64.9	67.2	69.7
15	47.1	47.7	48.7	49.2	50.6	51.2	51.3	52.7	53.7	54.6	55.4	55.6	56.7	58.0	58.9	59.3	60.5	61.5	63.2	65.7	68.0
16	47.2	47.8	48.6	49.1	49.8	50.5	51.3	53.2	53.5	53.5	54.7	55.2	56.7	58.0	58.9	59.0	58.0	59.2	59.8	61.2	64.2

Dosis medida con Matr-XX + Ms HCalc (cGy): DM _{ij} (55°)																								
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7
16		48.4	49.0	49.7	50.4	51.1	52.0	52.7	53.6	54.3	55.2	55.9	56.6	57.5	58.3	59.2	60.4	61.9	63.7	65.9	68.5	71.2	74.2	77.3
15	48.4		49.8	50.1	51.2	52.1	53.0	53.8	54.5	55.4	56.3	57.1	57.8	58.7	59.6	60.5	61.8	63.4	65.3	67.6	70.2	73.1	76.4	79.9
14	49.2	49.8		50.6	51.4	52.2	53.1	53.9	54.7	55.6	56.4	57.4	58.1	58.9	59.8	60.8	61.8	63.0	64.7	66.7	69.0	71.7	74.7	78.0
13	49.7	50.4	51.4		52.2	52.8	53.7	54.5	55.4	56.3	57.1	58.0	58.8	59.7	60.6	61.6	62.6	64.0	65.7	67.8	70.1	72.8	75.9	79.3
12	50.3	51.0	51.9	52.6		53.3	54.2	54.9	55.8	56.7	57.6	58.6	59.6	60.4	61.3	62.3	63.5	64.7	66.5	68.5	71.1	73.7	76.5	80.0
11	50.6	51.4	52.2	53.0	53.7		54.5	55.4	56.3	57.1	58.1	59.1	60.0	60.9	61.9	63.0	64.1	65.4	67.1	69.2	71.7	74.5	78.0	81.8
10	50.9	51.6	52.5	53.2	53.9	54.8		55.6	56.4	57.9	58.6	59.6	60.4	61.4	62.4	63.5	64.6	65.9	67.8	69.8	72.3	75.0	78.0	81.3
9	51.1	51.9	52.7	53.4	54.2	55.0	56.0		57.0	58.0	58.9	60.0	61.0	61.9	63.0	64.0	65.1	66.4	68.1	70.2	72.8	75.5	78.5	81.9
8	51.4	52.1	52.8	53.7	54.4	55.4	56.3	57.4		58.3	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.3	65.6	66.9	68.6	70.3	73.1	75.8	79.0	82.3
7	51.5	52.2	53.1	53.8	54.7	55.6	56.7	57.7	58.8		59.8	60.9	61.9	62.6	63.7	64.8	65.9	67.3	69.0	71.2	73.6	76.3	79.4	82.7
6	51.7	52.3	53.2	54.1	54.9	55.9	57.0	58.1	59.1	60.2		61.3	62.1	63.1	64.1	65.2	66.3	67.6	69.5	71.5	74.0	76.7	79.9	82.9
5	51.9	52.6	53.3	54.3	55.2	56.1	57.2	58.3	59.3	60.4	61.4		62.4	63.2	64.2	65.3	66.5	67.9	69.6	71.7	74.1	76.9	80.1	83.4
4	52.1	52.7	53.4	54.4	55.4	56.4	57.5	58.5	59.6	60.5	61.5	62.5		63.4	64.3	65.4	66.7	68.0	69.7	71.8	74.2	77.0	80.2	83.5
3	52.1	52.8	53.7	54.7	55.7	56.7	57.7	58.7	59.7	60.7	61.7	62.7	63.7		64.7	65.7	66.8	68.1	69.8	71.8	74.2	77.0	80.2	83.7
2	52.2	53.0	53.7	54.7	55.6	56.6	57.7	58.7	59.7	60.7	61.5	62.5	63.5	64.5		65.6	66.8	68.1	69.8	71.9	74.4	77.2	80.4	83.9
1	52.3	53.1	53.8	54.9	55.8	56.7	57.8	58.9	59.8	60.7	61.5	62.5	63.5	64.6	65.7		66.9	68.2	70.0	72.0	74.5	77.2	80.4	83.9
1	52.1	52.8	53.4	54.5	55.5	56.7	57.6	58.7	59.6	60.5	61.5	62.5	63.6	64.6	65.7	66.9		68.2	70.0	72.0	74.5	77.3	80.5	83.9
2	52.0	52.7	53.4	54.5	55.5	56.6	57.6	58.7	59.7	60.7	61.5	62.5	63.6	64.6	65.7	66.9	68.2		70.0	72.0	74.5	77.3	80.5	83.9
3	52.0	52.7	53.4	54.5	55.5	56.6	57.6	58.7	59.7	60.7	61.5	62.5	63.6	64.6	65.7	66.9	68.4	70.1		72.2	74.6	77.4	80.6	83.9
4	51.9	52.6	53.4	54.4	55.3	56.5	57.5	58.7	59.7	60.5	61.6	62.6	63.6	64.7	65.8	67.0	68.4	70.2	72.3		74.7	77.4	80.6	83.9
5	51.9	52.3	53.3	54.2	55.1	56.1	57.1	58.1	59.1	60.1	61.1	62.1	63.1	64.1	65.1	66.1	67.4	69.1	71.2		73.4	75.9	78.7	81.9
6	51.7	52.5	53.4	54.1	55.0	56.1	57.2	58.3	59.4	60.4	61.5	62.6	63.7	64.7	65.8	66.9	68.2	70.1	72.2	74.6		77.4	80.6	83.9
7	51.6	52.3	53.1	53.9	54.8	55.9	56.9	58.0	59.1	60.2	61.3	62.3	63.4	64.5	65.5	66.5	67.9	70.0	71.8	74.2		76.9	80.1	83.4
8	51.5	52.2	53.0	53.8	54.5	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	67.0	69.1	71.2	73.4		75.9	79.3	82.6
9	51.2	52.0	52.8	53.6	54.4	55.4	56.3	57.4	58.3	59.4	60.4	61.5	62.6	63.7	64.6	65.8	67.1	69.0	71.1	73.5		76.2	79.6	83.0
10	51.0	51.7	52.6	53.4	54.2	55.0	56.0	57.0	58.0	59.1	60.0	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0	66.8	68.5	70.9	73.9		76.8	80.2	83.5
11	50.8	51.5	52.3	53.2	53.9	54.9	55.8	56.8	57.8	58.8	59.6	60.7	61.8	62.8	63.7	64.8	66.0	68.0	70.1	72.5	75.2		78.1	81.5
12	50.9	51.6	52.4	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.4	66.5	67.7	69.5	72.0	74.9		77.8	81.2
13	49.9	50.6	51.6	52.3	53.3	54.2	55.0	55.9	56.7	57.6	58.4	59.5	61.4	62.4	63.6	64.9	66.5	68.7	71.2	73.9	77.0	80.4		83.9
14	49.3	50.0	51.1	51.7	52.6	53.4	54.4	55.2	56.0	57.0	57.8	58.8	59.6	60.5	62.6	63.6	65.7	67.8	70.2	72.9	75.9	79.3	82.8	86.5
15	48.7	49.1	50.0	50.7	51.6	52.4	53.3	54.2	55.1	56.0	56.9	57.8	58.7	59.6	61.7	62.7	64.8	67.0	69.6	72.4	75.4	78.4	81.8	85.3
16	48.7	49.3	49.9	50.7	51.5	52.5	53.2	54.2	54.9	55.9	56.6	57.6	58.5	59.5	60.3	61.4	63.0	64.9	67.3	69.8	72.8	75.9	79.3	82.7

$FC_{ij}(60^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(60^\circ)$																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
16		40.8	42.7	42.7	43.5	44.2	44.8	46.0	46.6	47.0	48.8	50.3	51.0	51.5	53.6	55.4	58.5	60.4	63.1	65.7	68.6	71.9	74.9	78.0	81.8	84.4	87.6	90.1	91.4	90.5	86.2			
15	41.3		41.8	42.6	43.4	44.1	45.2	46.0	46.4	47.3	48.0	49.2	50.7	51.9	53.1	54.8	57.1	59.6	61.7	64.3	67.7	69.9	73.7	76.5	80.8	84.2	88.1	91.6	96.1	100.8	104.6	110.4	114.2	
14	41.9	42.6		44.0	44.5	45.3	46.0	47.0	47.5	48.9	49.8	50.6	52.1	53.2	54.5	56.2	58.4	61.3	63.0	66.3	69.0	72.2	75.9	79.8	82.4	86.5	90.3	94.8	98.4	103.2	108.9	113.7	118.6	
13	42.6	43.6	44.4		44.7	46.2	46.3	47.6	48.8	49.2	50.4	51.3	52.7	53.9	56.1	57.4	60.2	62.1	64.2	67.6	70.5	73.6	77.7	81.4	84.2	87.7	91.5	95.0	100.6	104.9	109.9	115.4	121.0	
12	43.2	44.0	45.0	45.8		46.8	47.5	48.5	48.9	50.1	51.1	51.8	53.4	54.9	56.8	58.5	60.3	62.8	65.5	68.2	71.4	74.8	78.2	81.7	84.9	89.3	93.7	97.3	101.8	105.7	111.5	116.8	122.0	
11	43.6	44.4	45.5	46.5	47.6		47.9	49.2	49.8	50.9	51.6	52.9	54.1	55.4	57.2	58.4	61.3	63.6	66.1	69.0	72.9	75.7	78.6	81.7	86.0	90.4	94.2	99.2	103.1	108.1	112.3	116.7	122.6	
10	43.9	45.0	45.8	46.9	47.5	48.5		49.2	50.1	51.5	52.4	53.4	54.4	55.9	57.4	59.4	62.4	64.3	66.4	69.9	72.6	76.0	79.4	83.3	86.8	91.0	95.7	99.3	104.1	108.9	114.1	118.5	122.6	
9	44.2	45.1	46.1	47.3	48.5	49.1	49.6		50.6	51.5	52.7	53.5	55.1	56.7	58.1	60.0	62.0	65.0	67.3	70.3	73.4	76.8	80.4	84.1	87.0	90.5	95.2	98.9	103.9	108.2	113.4	118.8	123.0	
8	44.5	45.3	46.9	47.7	48.4	49.3	50.1	50.1		51.9	53.2	53.8	55.2	56.6	58.9	60.5	62.3	65.3	67.8	71.5	73.4	76.6	80.4	84.5	87.4	92.1	95.9	99.6	105.8	109.7	114.3	119.2	123.8	
7	45.3	45.8	46.8	47.8	48.4	49.7	50.4	50.4	51.5		52.4	53.4	54.4	55.8	57.2	58.8	61.1	63.2	65.5	68.4	71.5	74.0	77.6	80.7	84.3	88.0	92.4	96.3	99.8	104.8	108.7	114.2	119.4	124.2
6	45.1	46.0	47.0	48.5	49.5	50.5	52.0	52.4	53.7	54.8		56.1	57.1	59.3	60.9	63.0	65.9	69.3	72.0	74.7	78.0	81.4	84.7	87.9	91.9	96.7	100.2	104.5	109.3	114.3	118.7	123.9		
5	45.3	46.3	47.2	48.3	48.7	49.8	51.2	51.7	52.7	54.0	55.2		56.5	57.6	59.3	62.2	64.2	66.6	69.2	71.9	75.0	78.0	81.1	85.6	88.6	92.3	96.9	100.7	104.1	109.7	114.7	119.2	123.5	
4	45.6	46.9	47.3	48.1	49.1	50.3	51.1	52.0	53.1	54.5	55.5	56.4		58.1	60.1	62.3	64.4	66.7	69.7	72.3	75.6	78.0	81.8	85.5	88.9	92.9	96.8	100.2	104.2	109.4	113.8	119.2	123.8	
3	45.5	46.5	47.1	48.5	49.4	50.6	51.3	52.5	53.6	54.6	55.2	56.2	58.1		59.5	61.8	64.5	67.1	68.8	72.0	75.5	78.4	82.1	85.5	89.0	92.6	96.4	100.5	105.1	109.5	114.2	119.3	123.7	
2	45.7	46.6	47.3	48.6	50.2	51.3	51.7	52.5	53.5	54.6	55.7	57.1	58.3	60.1		62.1	64.9	66.9	70.2	72.4	76.0	78.7	82.4	85.7	89.3	93.3	96.9	100.6	105.3	109.7	114.4	119.4	124.3	
1	45.5	47.0	47.5	48.9	49.8	51.7	51.9	52.7	53.7	54.6	55.6	57.3	58.9	60.4	62.3		64.3	67.0	70.0	72.9	76.0	79.0	82.2	85.6	89.0	93.1	96.7	100.8	104.8	109.3	114.2	118.7	124.2	
1	45.4	46.6	47.7	48.1	49.4	50.5	52.1	52.6	53.8	54.8	55.9	57.0	58.3	60.3	62.4	64.5		67.0	69.8	72.7	75.8	78.9	82.5	85.8	89.6	93.3	97.3	100.9	105.3	110.0	118.6	124.0		
2	45.8	46.3	47.4	48.4	49.3	50.8	51.7	52.6	53.8	55.3	56.5	57.3	58.4	60.5	62.7	64.9	67.2		69.9	72.4	75.9	78.8	82.4	86.0	89.1	92.5	97.1	100.5	105.2	109.7	113.9	119.4	123.5	
3	45.7	46.2	47.6	48.5	49.2	50.3	51.3	52.4	53.7	54.6	55.7	56.9	58.3	60.0	62.2	64.5	67.5	70.7		72.6	75.6	78.4	81.9	85.5	89.1	93.0	97.4	101.4	105.2	109.3	114.3	119.4	124.5	
4	45.6	46.4	47.1	48.2	49.2	50.1	51.4	52.0	53.0	54.4	55.7	56.7	58.9	60.4	62.4	64.7	66.6	69.2	72.5		75.5	78.6	81.6	85.1	88.6	92.7	96.2	101.3	105.4	109.2	114.4	118.7	124.6	
5	45.3	46.3	47.5	48.2	49.1	49.9	51.3	51.8	53.2	54.6	55.2	56.8	58.2	60.5	62.2	63.9	66.8	69.5	72.3	75.4		77.9	81.7	85.1	88.2	93.1	96.9	100.7	105.1	109.4	114.6	118.6	123.1	
6	45.3	46.0	47.2	48.2	49.1	50.3	51.3	51.6	52.6	53.8	54.9	55.9	57.7	59.2	61.7	63.7	66.1	69.3	71.9	74.6	77.8		81.4	84.7	88.1	93.0	96.5	100.6	105.0	109.4	114.4	118.8	123.6	
7	45.5	46.3	47.2	48.0	48.8	49.9	51.0	51.5	52.5	53.4	54.6	55.9	57.4	59.4	61.5	63.9	66.1	69.0	71.8	75.2	78.4	81.4		83.8	87.8	92.2	96.3	100.1	104.6	109.5	114.6	119.4	123.7	
8	45.1	45.7	46.7	47.3	48.3	49.5	50.3	51.6	52.1	54.0	54.3	55.8	56.9	59.3	61.0	63.1	65.6	68.2	70.6	74.1	77.3		81.0	84.2	88.4	92.0	96.2	100.2	104.2	108.5	113.0	118.6	124.0	
9	44.7	45.0	46.3	47.2	48.1	49.7	50.8	51.1	52.1	53.6	54.0	55.5	57.2	58.8	60.7	62.8	64.7	67.4	70.1	74.4	77.1		80.5	84.0	87.7	90.9	95.8	99.5	104.1	108.4	113.9	118.9	123.6	
10	44.6	45.5	46.9	47.4	48.3	49.2	50.8	51.0	52.2	52.5	53.9	55.4	56.7	58.1	59.9	62.2	64.6	67.2	71.0	74.0	76.4	80.4	83.4		87.1	91.3	95.0	99.6	104.0	108.5	113.6	118.8	123.2	
11	44.1	45.3	45.8	46.7	47.7	48.9	49.6	50.4	51.2	52.6	53.3	54.8	56.7	57.7	59.6	62.0	64.5	67.2	69.8	73.5	76.2	80.6	83.1		86.3	90.4	95.3	99.2	103.8	107.9	113.6	117.9	122.1	
12	43.7	44.5	45.8	46.4	47.2	48.6	49.6	50.6	50.7	52.5	53.3	54.0	55.1	57.9	59.1	61.2	63.1	66.2	68.9	73.3	75.8	78.5		82.3	85.7	89.7	94.5	98.1	103.5	106.9	111.1	116.0	121.9	
13	43.2	44.4	45.1	46.4	46.9	47.5	48.7	49.7	50.7	51.3	52.8	53.8	54.6	56.7	59.3	60.5	63.0	66.0	68.9	72.0	75.4	77.9	81.2		84.8	89.1	93.1	97.2	102.2	106.2	111.2	116.1	121.5	
14	42.5	43.6	44.2	45.7	45.9	46.7	48.3	48.5	50.2	51.0	51.4	52.6	53.7	55.6	57.6	59.5	62.3	64.4	67.4	70.8	72.2	75.6	80.0	84.0		87.2	91.1	95.6	99.3	104.4	109.4	114.5	119.6	
15	42.2	43.2	43.6	44.4	45.4	46.1	47.0	47.7	48.7	49.6	50.6	52.0	53.5	54.7	56.5	58.4	61.4	64.0	66.5	69.0	72.2	75.2	78.7	81.5		86.3	90.0	94.1	99.2	103.1	107.8	113.2	117.9	
16		42.2	42.7	43.4	44.4	44.4	45.5	46.2	47.0	47.9	48.9	49.5	50.4	51.5	53.0	54.6	56.8	59.0	61.5	64.4	67.8	69.7	73.3	77.1	80.1		84.2	88.2	91.5	95.4	100.4	104.3	109.3	

Dosis medida con MatrxIX + MultiCube (cGy): DM _{ij} (60°)																																		
Detector	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
16		42.7	43.3	44.0	44.6	45.3	46.2	47.0	47.9	48.6	49.7	51.0	52.4	54.1	56.1	58.3	60.7	63.2	65.8	68.6	71.2	74.2	77.4	80.5	83.6	86.9	90.4	94.2	98.2	93.2	95.6	96.7	95.0	
15	42.8		43.4	44.7	45.5	46.3	47.1	48.0	48.7	49.6	50.7	52.1	53.5	55.4	57.4	59.7	62.0	64.7	67.3	70.2	73.1	76.4	79.6	83.1	86.7	90.4	94.6	98.7	103.2	108.0	113.0	118.3		
14	43.5	44.1		44.8	45.6	46.3	47.1	48.0	48.9	49.7	50.6	51.7	53.1	54.6	56.4	58.5	60.8	63.3	65.9	68.7	71.6	74.6	77.9	81.3	84.8	88.5	92.4	96.7	101.1	105.8	110.7	115.4	120.7	
13	44.0	44.7	45.5		45.4	46.3	47.1	48.0	48.9	49.7	50.6	51.7	53.1	54.6	56.4	58.5	60.8	63.3	65.9	68.7	71.6	74.6	77.9	81.3	84.8	88.5	92.4	96.7	101.1	105.8	110.7	115.4	120.7	
12	44.5	45.1	46.0	46.7		47.5	48.2	49.1	49.9	50.9	51.7	53.0	54.4	56.0	57.9	60.0	62.4	65.1	67.8	70.5	73.2	75.9	78.6	81.3	84.0	86.7	89.4	92.1	94.8	97.5	100.2	102.9	105.6	
11	44.7	45.5	46.3	47.1	47.7		48.6	49.5	50.4	51.2	52.4	53.6	55.0	56.6	58.5	60.7	63.1	65.7	68.3	71.2	74.2	77.4	80.6	84.0	87.4	91.4	95.6	100.4	104.4	109.3	114.0	118.8	123.8	
10	45.8	46.6	47.4	48.1	48.9	49.9		50.7	51.7	52.8	54.0	55.5	57.1	59.0	61.3	63.7	66.2	69.0	71.8	74.9	77.9	81.4	84.5	88.2	91.8	95.8	100.2	104.8	109.5	114.5	119.4	124.6		
9	46.1	46.8	47.6	48.3	49.0	49.9	50.9		51.7	52.8	54.1	55.6	57.2	59.1	61.4	63.8	66.4	69.1	71.9	74.7	77.5	81.6	84.8	88.5	92.1	96.1	100.5	105.1	109.8	114.6	119.5	124.6		
8	45.6	46.3	47.0	47.9	48.6	49.6	50.5	51.6		52.6	53.6	55.0	56.5	58.0	60.0	62.2	64.6	67.2	69.8	72.7	75.8	78.1	81.1	85.8	89.9	92.7	96.5	100.6	105.0	109.6	114.7	119.8	125.1	
7	45.7	46.5	47.2	48.1	48.9	49.9	50.9	52.0	53.0		54.1	55.4	56.9	58.4	60.4	62.7	64.9	67.6	70.2	73.1	76.2	79.3	82.5	85.9	89.3	92.9	96.7	100.7	105.0	109.5	114.7	119.7	125.0	
6	45.7	47.5	48.1	49.2	49.8	50.8	51.8	52.9	54.0	55.1		56.2	57.6	59.1	60.7	62.4	64.1	65.9	68.0	70.1	72.3	74.5	76.8	79.1	81.4	83.7	86.0	88.3	90.6	92.9	95.2	97.5	100.0	
5	46.1	46.8	47.7	48.5	49.4	50.4	51.5	52.5	53.6	54.6	55.7		56.4	57.4	59.0	61.0	63.1	65.6	68.1	70.8	73.7	76.7	79.9	83.3	86.5	90.2	93.8	97.3	101.4	105.4	109.6	114.4	119.4	124.7
4	46.3	47.0	47.7	48.7	49.6	50.6	51.6	52.8	53.8	54.8	56.0	57.5	59.0	60.9	63.3	65.7	68.2	71.0	73.7	76.9	79.9	83.3	86.8	90.3	93.9	97.7	101.6	105.6	109.8	114.5	119.6	124.7		
3	47.2	48.0	48.9	49.8	50.7	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	60.6	63.0	65.4	67.9	70.4	73.0	75.6	78.2	80.8	83.4	86.0	88.6	91.2	93.8	96.4	99.0	101.6	104.2	106.8	109.4	
2	46.6	47.2	48.0	49.0	49.9	50.9	51.9	52.9	53.9	54.9	56.0	57.5	59.2	61.2	63.4	65.8	68.5	71.1	73.9	76.9	80.0	83.4	86.8	90.6	94.2	98.1	102.0	106.0	110.2	114.7	119.6	124.7		
1	46.7	47.4	48.1	49.1	50.0	50.9	52.0	53.0	53.9	54.9	56.0	57.7	59.3	61.2	63.6	66.1	68.6	71.4	74.1	77.0	80.1	83.4	86.8	90.6	94.3	98.1	102.0	106.1	110.3	114.9	119.8	124.8		
1	46.5	47.1	47.7	48.7	49.7	50.9	51.7	52.9	53.8	54.8	55.9	57.4	59.4	61.3	63.6	65.9	68.6	71.3	74.1	77.0	80.1	83.4	87.0	90.6	94.3	98.1	102.1	106.1	110.4	114.9	119.7	124.8		
1	47.1	47.7	48.3	49.3	50.3	51.3	52.3	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3	78.3	
1	46.3	47.1	47.7	48.6	49.7	50.7	51.7	52.9	53.9	54.8	56.0	57.5	59.4	61.4	63.6	66.1	68.6	71.3	74.2	77.1	80.3	83.6	87.0	90.7	94.5	98.2	102.1	106.1	110.3	114.9	119.6	124.7		
1	46.2	47.0	47.7	48.6	49.5	50.6	51.7	52.9	53.9	54.8	56.1	57.7	59.4	61.4	63.6	66.1	68.7	71.5	74.2	77.2	80.4	83.8	87.2	90.8	94.5	98.1	102.1	106.0	110.3	114.8	119.7	124.8		
1	46.8	47.6	48.6	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	
1	46.0	46.7	47.5	48.2	49.2	50.4	51.4	52.5	53.6	54.8	56.0	57.7	59.4	61.4	63.6	65.9	68.6	71.4	74.2	77.2	80.4	83.6	87.0	90.4	94.1	97.8	101.9	105.9	110.3	115.0	119.9	125.2		
1	45.8	46.6	47.4	48.1	49.1	50.1	51.1	52.1	53.3	54.5	55.8	57.3	59.0	61.0	63.2	65.7	68.2	71.3	73.9	76.9	79.9	83.3	86.7	90.2	93.8	97.6	101.6	105.6	110.3	115.2	120.0	125.3		
1	45.3	47.2	47.7	48.7	49.7	50.7	51.7	52.7	53.7	54.7	55.7	56.7	57.7	58.7	59.7	60.7	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.7	69.7	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7	75.7	76.7	77.7	
1	45.5	46.1	47.0	47.7	48.6	49.6	50.5	51.5	52.5	53.6	54.6	55.6	56.5	58.4	60.3	62.4	64.9	67.4	70.2	73.1	76.3	79.5	82.5	86.0	89.6	93.2	97.1	101.4	105.8	110.5	115.6	120.3	125.6	
1	45.2	46.0	46.7	47.5	48.4	49.1	50.2	51.1	52.1	53.5	54.5	56.1	57.9	59.9	61.9	64.1	67.1	69.7	72.7	75.6	78.8	82.0	85.4	89.2	92.8	96.8	101.1	105.8	110.5	115.4	120.2	125.3		
1	44.8	45.7	46.5	47.2	48.0	48.9	49.9	50.7	51.7	52.8	54.4	55.6	57.4	59.3	61.8	64.2	66.8	69.2	72.1	75.1	78.2	81.5	85.0	88.7	92.6	96.6	100.9	105.4	110.0	114.7	119.5	124.7		
1	45.5	45.2	46.2	46.7	47.6	48.5	49.5	50.4	51.2	52.2	53.5	55.0	56.9	58.8	60.8	63.3	65.8	68.6	71.5	74.5	77.6	80.7	83.8	87.1	90.4	93.8	97.1	100.5	104.9	109.6	114.4	119.8	124.9	
1	44.2	44.8	45.7	46.5	47.5	48.2	49.1	49.9	50.9	51.7	52.9	54.4	56.3	58.0	60.2	62.7	65.2	67.9	70.7	73.7	76.9	80.1	83.6	87.3	91.2	95.2	99.5	103.9	108.5	113.2	118.1	123.1		
1	43.6	44.3	45.2	45.8	46.7	47.6	48.5	49.4	50.2	51.1	52.4	53.8	54.4	57.3	59.1	61.7	64.2	66.9	69.8	72.7	75.9	79.1	82.5	86.3	89.9	93.9	98.2	102.6	107.3	112.3	116.8	122.2		
1	43.0	43.6	44.2	44.8	45.4	46.1	46.8	47.4	48.1	48.8	49.4	50.0	50.6	51.2	51.8	52.4	53.0	53.6	54.2	54.8	55.4	56.0	56.6	57.2	57.8	58.4	59.0	59.6	60.2	60.8	61.4	62.0	62.6	
1	43.6	43.0	43.6	44.1	45.0	45.7	46.7	47.5	48.4	49.2	50.4	51.6	53.3	55.0	57.0	59.4	61.8	64.3	66.9	69.8	72.7	75.9	79.1	82.5	86.0	89.8	93.6	97.6	101.6	106.0	109.8			

$FC_{ij}(65^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(65^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	34.5	34.5	35.7	36.7	37.9	38.5	39.8	41.3	43.2	45.3	46.9	48.8	51.0	53.6	55.8	58.2	60.9
15	34.8	35.4	36.4	37.4	38.4	39.2	40.5	42.0	43.9	46.2	48.3	49.4	51.9	54.4	56.4	58.4	61.1
14	35.9	36.7	36.9	37.9	38.8	40.4	41.3	43.3	46.9	48.9	51.1	53.6	54.8	57.6	59.8	63.1	65.7
13	36.7	36.7	37.5	38.2	40.0	41.0	42.7	44.0	46.5	47.9	49.3	52.3	54.2	55.8	58.3	61.5	64.7
12	36.7	37.6	38.1	39.2	40.6	41.9	43.3	45.0	46.4	48.1	50.6	53.1	55.2	57.3	59.8	62.2	65.3
11	37.1	38.0	38.5	39.9	40.9	42.3	44.0	45.2	46.6	49.3	50.9	53.8	56.1	58.4	60.4	62.9	65.3
10	37.3	38.2	39.3	40.2	41.1	42.6	44.4	45.6	47.6	49.5	51.7	53.6	56.1	58.2	60.6	63.2	66.6
9	37.8	38.8	39.5	40.3	41.9	43.4	44.5	46.1	47.4	50.0	52.6	54.4	56.2	59.4	61.4	64.2	67.3
8	38.0	38.9	39.6	40.9	42.6	43.6	45.0	46.5	48.8	50.7	52.1	54.5	56.8	59.0	61.2	63.9	67.6
7	37.8	39.1	40.3	41.4	42.2	43.5	45.1	46.9	49.1	51.1	52.9	54.7	57.0	59.5	61.8	65.2	71.3
6	38.5	39.5	39.8	41.6	42.7	43.8	45.3	47.3	49.3	51.7	53.5	55.6	57.6	60.4	62.5	65.1	68.7
5	39.0	39.3	40.2	41.9	43.2	44.4	45.8	47.7	49.3	51.2	53.0	55.8	58.2	60.2	62.6	66.0	68.9
4	38.8	39.7	40.9	41.9	43.1	44.5	45.9	47.3	49.3	51.4	53.2	55.9	58.1	60.8	63.3	66.5	69.1
3	38.9	40.1	41.3	41.8	43.2	44.6	46.2	47.8	49.7	51.5	53.4	55.6	58.4	60.7	63.2	66.1	69.2
2	38.8	40.2	41.4	42.4	43.6	44.8	46.4	48.4	50.3	52.4	54.5	56.3	58.6	60.8	64.1	66.1	69.4
1	39.2	40.2	40.8	42.0	43.6	45.0	46.6	48.4	50.2	52.8	53.8	56.3	58.9	61.2	63.8	66.8	69.6
16	39.5	40.5	41.3	42.5	43.8	45.2	46.2	48.0	49.4	52.1	54.1	56.3	58.9	61.6	63.7	66.5	69.6
15	39.2	40.2	41.1	42.3	43.1	44.7	46.4	47.9	49.8	52.3	54.4	56.4	59.1	61.4	64.0	66.8	69.5
14	39.5	40.1	41.1	42.1	43.1	44.9	46.1	48.2	49.6	52.2	54.2	56.5	59.7	61.3	63.4	66.1	69.4
13	39.3	39.9	40.6	41.9	43.3	44.3	46.3	47.8	49.6	51.6	53.3	56.0	58.9	60.9	63.3	65.8	68.5
12	38.8	39.6	40.6	41.5	42.9	44.8	46.0	47.7	49.3	51.4	53.8	56.2	58.3	60.7	63.5	66.5	68.7
11	38.3	40.0	40.4	41.9	42.8	44.4	45.5	47.1	49.1	51.4	53.1	55.5	57.9	60.3	63.1	65.4	68.6
10	38.2	39.5	40.6	42.0	42.7	44.1	46.0	47.3	49.0	51.3	53.4	56.0	57.9	60.3	63.0	65.0	67.7
9	38.8	39.4	40.4	41.2	43.7	45.9	47.0	48.7	50.7	52.9	55.4	57.1	59.8	62.4	65.2	68.3	71.0
8	38.2	38.6	39.9	41.0	42.1	43.6	44.3	46.5	48.5	50.8	51.6	54.4	56.7	59.6	61.9	64.2	67.7
7	38.3	39.0	39.9	40.4	41.4	42.8	44.3	45.8	47.6	49.6	51.6	53.7	55.9	58.6	60.5	63.2	65.7
6	37.8	38.6	39.4	40.4	42.0	43.1	44.1	46.1	47.8	49.9	51.4	54.0	55.8	58.7	60.8	63.5	66.6
5	37.7	38.1	38.3	40.2	41.3	42.4	44.2	45.7	47.6	49.0	51.2	53.7	55.5	57.9	60.5	63.6	66.8
4	36.7	37.7	38.6	39.7	40.8	42.3	43.7	44.6	46.7	48.8	50.7	52.6	54.9	57.7	60.4	63.0	65.3
3	36.6	37.4	38.0	39.0	40.2	41.5	43.1	43.6	45.7	48.0	50.2	52.6	54.6	57.4	60.4	63.2	65.4
2	36.1	36.4	37.2	38.5	39.6	41.1	42.3	43.1	45.1	47.2	48.8	50.8	53.4	55.0	57.2	60.2	62.9
1	36.0	36.8	37.4	38.7	39.6	40.9	42.4	43.3	45.7	47.8	49.0	51.5	53.5	56.3	59.0	61.6	64.7

		Dosis medida con Matr-XX + Mu HCalc (cGy): $DM_{ij}(65^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	36.3	37.2	37.2	38.3	39.4	40.8	42.4	43.9	45.7	47.4	49.4	51.4	53.4	55.6	58.0	60.3	62.9
15	36.2	37.1	37.9	39.0	40.3	41.7	43.3	44.9	46.6	48.5	50.5	52.5	54.6	56.8	59.2	61.8	64.3
14	36.9	37.6	38.8	39.8	41.1	42.5	44.0	45.7	47.5	49.4	51.5	53.5	55.6	57.9	60.3	62.9	65.6
13	37.2	38.1	39.3	40.4	41.7	43.1	44.7	46.4	48.2	50.1	52.1	54.2	56.4	58.7	61.2	63.8	66.5
12	37.7	38.5	39.7	40.8	42.1	43.5	45.1	46.7	48.7	50.6	52.6	54.8	57.0	59.3	61.9	64.6	67.3
11	38.0	38.9	40.1	41.2	42.5	43.9	45.6	47.3	49.0	51.1	53.3	55.3	57.5	60.0	62.5	65.2	67.9
10	38.3	39.0	39.3	41.6	42.8	44.3	45.8	47.6	49.6	51.6	53.7	55.9	58.6	60.5	63.2	65.7	68.4
9	38.6	39.5	40.6	41.9	43.0	44.6	46.2	48.0	49.9	52.0	54.2	56.4	58.6	61.1	63.6	66.3	69.0
8	38.9	39.8	40.8	42.1	43.4	44.9	46.6	48.4	50.3	52.4	54.6	56.9	59.1	61.5	64.1	66.6	69.5
7	39.2	39.9	41.1	42.4	43.7	45.2	47.0	48.9	50.8	52.9	55.0	57.3	59.3	61.8	64.5	67.0	70.8
6	39.3	40.2	41.3	42.7	43.9	45.5	47.3	49.2	51.0	53.2	55.5	57.5	59.8	62.1	64.5	67.1	70.1
5	39.5	40.3	41.5	42.8	44.2	45.7	47.5	49.3	51.2	53.4	55.5	57.8	60.0	62.4	65.0	67.7	70.4
4	39.8	40.6	41.6	42.9	44.3	46.0	47.6	49.6	51.5	53.6	55.6	57.8	60.0	62.4	65.1	67.8	70.5
3	39.8	40.7	41.7	43.1	44.4	46.1	47.9	49.7	51.5	53.5	55.6	57.8	60.0	62.4	65.1	67.8	70.5
2	39.9	40.7	41.7	43.1	44.6	46.1	47.9	49.7	51.5	53.5	55.6	57.8	60.1	62.4	65.2	67.9	70.6
1	40.1	40.8	41.9	43.3	44.6	46.1	47.9	49.7	51.5	53.5	55.6	57.9	60.1	62.5	65.2	68.1	70.7
16	39.8	40.6	41.5	42.9	44.3	45.8	47.6	49.6	51.4	53.4	55.5	57.8	60.2	62.7	65.4	68.1	70.7
15	39.9	40.6	41.5	42.9	44.3	46.0	47.6	49.6	51.4	53.4	55.5	57.8	60.2	62.7	65.4	68.1	70.7
14	39.7	40.6	41.6	42.9	44.3	46.0	47.6	49.6	51.4	53.4	55.5	57.8	60.2	62.7	65.4	68.1	70.7
13	39.7	40.6	41.6	42.9	44.3	46.0	47.6	49.6	51.4	53.4	55.5	57.8	60.2	62.7	65.4	68.1	70.7
12	39.5	40.4	41.5	42.8	44.2	45.8	47.6	49.6	51.4	53.4	55.5	57.9	60.2	62.8	65.4	68.1	70.7
11	39.5	40.4	41.5	42.8	44.2	45.8	47.6	49.6	51.4	53.4	55.5	57.9	60.2	62.8	65.4	68.1	70.7
10	39.6	40.5	41.6	42.9	44.3	45.9	47.7	49.7	51.5	53.5	55.6	57.9	60.2	62.8	65.4	68.1	70.7
9	39.2	40.1	41.1	42.2	43.8	45.5	47.1	48.9	50.9	52.9	55.0	57.3	59.6	62.0	64.6	67.2	70.4
8	38.9	39.8	41.0	42.1	43.4	45.1	46.7	48.7	50.6	52.6	54.6	56.8	59.0	61.4	63.8	66.4	69.0
7	38.6	39.5	40.7	41.9	43.1	44.8	46.4	48.3	50.2	52.3	54.4	56.4	58.6	61.0	63.4	65.9	68.5
6	38.4	39.3	40.4	41.6	42.9	44.4	46.1	47.9	49.8	51.9	54.1	56.4	58.8	61.2	63.7	66.5	69.1
5	38.1	39.0	40.1	41.3	42.6	44.2	45.7	47.5	49.4	51.5	53.5	55.8	58.3	60.6	63.2	65.9	68.7
4	37.7	38.6	39.8	41.0	42.2	43.8	45.3	47.1	48.9	50.8	52.9	55.2	57.8	60.1	62.5	65.2	67.9
3	37.4	38.3	39.4	40.6	42.0	43.4	44.9	46.6	48.5	50.3	52.5	54.6	57.1	59.4	61.9	64.6	67.4
2	36.9	37.7	38.9	39.9	41.3	42.8	44.4	46.1	47.9	49.8	51.9	54.1	56.4	58.6	61.1	63.7	66.4
1	36.3	37.1	38.0	39.2	40.6	41.9	43.5	45.2	47.1	48.9	50.8	52.9	55.3	57.5	60.0	62.5	65.2

Factores de corrección: $FC_{ij}(65^\circ)$																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	0.9542	0.9646	0.9591	0.9667	0.9598	0.9573	0.9403	0.9469	0.9625	0.9590	0.9548	0.9580	0.9638	0.9621	0.9590	0.9707	0.9654
15	0.9589	0.9498	0.9591	0.9482	0.9533	0.9550	0.9514	0.9303	0.9441	0.9516	0.9596	0.9467	0.9467	0.9506	0.9574	0.9488	0.9557
14	0.9746	0.9689	0.9587	0.9545	0.9413	0.9491	0.9381	0.9538	0.9528	0.9467	0.9529	0.9508	0.9592	0.9402	0.9470	0.9485	0.9508
13	0.9863	0.9619	0.9580	0.9388	0.9532	0.9467	0.9525	0.9446	0.9592	0.9511	0.9423	0.9627	0.9578	0.9460	0.9471	0.9619	0.9601
12	0.9743	0.9603	0.9569	0.9467	0.9403	0.9467	0.9403	0.9303	0.9441	0.9516	0.9596	0.9467	0.9467	0.9506	0.9574	0.9488	0.9557
11	0.9680	0.9653	0.9529	0.9628	0.9558	0.9614	0.9627	0.9524	0.9434	0.9467	0.9415	0.9603	0.9623	0.9631	0.9485	0.9577	0.9526
10	0.9714	0.9675	0.9570	0.9607	0.9563	0.9515	0.9588	0.9482	0.9499	0.9418	0.9555	0.9465	0.9643	0.9533	0.9453	0.9576	0.9469
9	0.9717	0.9678	0.9573	0.9608	0.9568	0.9518	0.9591	0.9485	0.9499	0.9418	0.9555	0.9465	0.9643	0.9533	0.9453	0.9576	0.9469
8	0.9793	0.9741	0.9695	0.9708	0.9802	0.9579	0.9485	0.9477	0.9584	0.9597	0.9456	0.9475	0.9563	0.9517	0.9475	0.9520	0.9650
7	0.9615	0.9745	0.9719	0.9706	0.9618	0.9524	0.9523	0.9532	0.9520	0.9576	0.9498	0.9475	0.9558	0.9568	0.9560	0.9631	0.9689
6	0.9615	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755	0.9755
5	0.9642	0.9685	0.9636	0.9730	0.9633	0.9597	0.9585	0.9626	0.9561	0.9520	0.9496	0.9606	0.9599	0.9571	0.9550	0.9711	0.9790
4	0.9797	0.9764	0.9783	0.9666	0.9673	0.9596	0.9568	0.9441	0.9544	0.9563	0.9486	0.9600	0.9581	0.9648	0.9649	0.9687	0.9650
3	0.9868	0.9866	0.9864	0.9614	0.9622	0.9590	0.9534	0.9537	0.9580	0.9542	0.9523	0.9634	0.9619	0.9685	0.9680	0.9688	0.9680
2	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853	0.9853
1	0.9793	0.9889	0.9741	0.9620	0.9714	0.9696	0.9607	0.9697	0.9692	0.9814	0.9612	0.9688	0.9669	0.9698	0.9732	0.9779	0.9736
0	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
16	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
15	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
14	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
13	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
12	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
11	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
10	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
9	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
8	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
7	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
6	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
5	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
4	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
3	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
2	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
1	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757
0	0.9698	0.9887	0.9895	0.9756	0.9838	0.9743	0.9644	0.9600	0.9541	0.9749	0.9680	0.9667	0.9727	0.9733	0.9666	0.9707	0.9757

$FC_{ij}(70^\circ)$

Datos calculada con TPS (CG): $DX_{ij}(70^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16		33.5	35.0	36.6	38.0	39.8	41.4	43.6	45.7	47.6	49.1	51.3	54.4	56.2	58.8	61.7	64.5	67.1	69.7	72.6	75.0	79.0	82.6	86.2	89.5	93.4	96.6	100.3	103.4	106.9	107.4		
15	33.7		34.7	36.1	37.9	39.5	41.0	43.1	44.5	46.5	48.0	50.9	52.6	55.5	57.6	60.4	63.0	66.0	68.8	71.6	74.3	77.3	81.4	85.0	89.9	92.6	96.7	100.3	105.1	110.4	115.5	120.7	126.4
14	34.4	35.4		37.1	38.5	40.0	41.2	43.5	45.3	47.3	49.2	51.5	54.3	56.8	59.1	61.5	64.1	67.4	70.8	73.1	76.3	79.8	83.7	87.2	91.4	94.2	99.2	103.1	107.4	112.4	117.2	122.5	127.6
13	34.3	35.6	37.5		38.9	41.4	43.0	44.8	46.5	48.0	50.2	52.7	54.4	56.7	59.0	62.3	65.1	67.8	70.3	73.7	77.7	81.1	85.1	88.4	91.9	96.6	100.3	104.2	107.9	112.8	118.3	124.3	129.1
12	34.8	35.9	37.9	39.6		41.5	42.9	44.7	46.6	49.4	51.6	53.5	55.4	57.6	60.3	62.9	65.6	69.4	72.0	74.9	78.6	81.4	86.0	89.5	92.5	97.6	101.4	106.3	110.8	114.6	120.3	124.9	129.7
11	35.2	36.8	38.2	40.1	41.7		43.6	45.4	46.9	49.1	51.0	53.5	55.5	58.6	60.8	64.0	66.9	69.6	72.5	75.8	78.6	82.0	85.7	89.6	93.2	98.3	102.4	106.3	111.7	115.6	120.8	125.9	130.9
10	36.1	37.2	38.6	40.4	42.2	43.3		45.6	47.5	49.7	52.0	54.2	56.0	59.0	61.7	64.1	67.0	70.0	73.5	76.4	79.2	82.6	86.6	90.4	94.4	98.7	103.1	106.8	111.5	116.5	122.0	126.5	130.8
9	35.9	37.5	39.2	40.6	42.5	44.2	46.2		48.2	49.6	52.2	54.6	56.8	59.1	62.2	65.4	67.4	70.3	73.1	76.2	80.2	83.2	86.4	91.1	94.9	99.3	103.6	107.6	111.8	116.9	121.8	126.4	132.3
8	36.1	38.0	39.4	41.2	42.5	44.8	46.1	48.0		50.6	52.7	54.5	57.6	59.9	62.6	65.5	67.8	71.1	73.9	76.8	80.8	83.8	87.9	91.6	94.4	99.1	102.6	107.2	111.6	116.0	121.7	125.7	131.5
7	36.0	38.3	39.6	41.2	43.1	44.8	46.7	48.4	50.9		53.3	55.2	58.0	60.1	62.8	66.0	68.5	71.2	74.1	77.4	81.1	84.0	87.6	91.0	95.0	99.3	103.3	106.9	110.9	115.9	121.8	126.3	131.8
6	36.5	38.5	39.6	41.3	43.3	45.0	47.0	49.5	50.9	53.4		55.4	58.0	60.4	63.2	66.4	68.3	71.5	74.3	77.3	81.3	84.7	89.2	91.7	95.2	99.1	103.6	107.2	112.0	116.6	121.1	126.8	131.0
5	37.0	38.7	40.2	41.8	43.6	45.6	47.5	49.4	51.3	53.5	56.0		58.5	61.0	63.2	67.2	68.4	71.8	74.6	77.8	81.0	84.1	87.8	91.5	94.6	99.1	103.7	107.2	112.7	117.1	122.0	126.3	130.7
4	37.3	38.7	40.0	42.0	43.3	46.1	47.6	49.6	51.9	53.9	56.3	58.6	61.4	63.6	66.2	68.9	71.8	74.7	77.6	81.2	84.6	88.1	91.6	95.6	99.3	104.0	108.5	112.3	116.7	121.0	125.6	129.5	
3	36.9	38.6	40.3	42.1	43.8	45.7	47.7	49.9	51.7	53.8	56.6	59.6	61.4	64.0	66.4	69.4	73.0	75.4	78.2	82.0	85.4	88.4	91.7	95.3	99.6	103.6	107.2	111.5	116.6	121.2	126.0	131.4	
2	37.6	38.9	40.5	42.3	44.1	45.9	47.3	50.0	51.9	53.9	56.9	58.9	61.7	63.9	66.4	69.1	72.5	74.8	78.4	82.0	85.0	88.6	92.2	96.1	100.1	104.2	108.0	112.4	117.3	122.0	126.2	131.3	
1	37.4	38.6	40.2	42.8	44.1	46.3	47.7	49.6	51.7	54.0	56.8	59.2	61.7	64.3	66.9	69.4	72.7	74.9	77.9	82.0	85.2	88.7	92.2	96.4	100.6	104.4	108.6	112.0	117.1	121.9	126.7	131.6	
0	37.3	38.7	40.4	42.5	44.1	46.3	48.1	49.9	52.6	54.8	56.8	59.4	61.9	64.3	66.5	69.5	71.9	75.0	78.6	82.1	85.1	88.6	92.4	96.7	100.9	103.8	108.3	112.4	116.5	121.9	126.1	131.3	
16	37.3	38.9	40.4	41.8	44.0	46.3	48.2	49.6	52.1	54.7	56.4	59.1	61.1	63.5	65.7	69.1	72.4	74.6	77.6	81.0	84.5	88.0	91.1	95.7	100.0	103.6	108.1	112.2	116.5	121.6	126.0	131.4	
15	37.4	39.1	40.5	42.1	44.1	45.7	48.0	49.6	52.1	53.8	56.6	58.3	61.0	63.9	66.2	68.9	71.1	75.2	78.2	82.2	84.4	89.1	91.7	96.0	99.6	103.4	107.5	112.2	116.7	120.8	124.8	129.7	
14	36.9	38.5	40.6	42.3	43.9	45.2	47.3	49.9	51.9	54.2	56.2	57.9	60.5	63.3	66.2	68.9	72.2	75.1	78.1	80.6	84.3	88.3	91.6	94.9	99.5	103.1	106.8	111.6	116.4	121.2	125.8	130.5	
13	37.0	38.4	39.9	41.5	43.4	45.3	47.1	49.0	50.9	53.5	55.7	58.3	60.5	63.4	66.2	68.3	71.8	74.2	77.6	80.6	83.9	87.6	91.2	95.1	99.5	103.3	107.4	111.1	116.0	121.2	126.2	131.0	
12	36.4	37.9	39.1	41.3	43.3	45.2	47.2	49.3	51.0	53.4	55.4	57.6	60.6	62.9	65.3	68.4	71.8	74.3	77.5	80.3	84.2	87.5	91.6	94.7	98.8	103.6	107.5	111.2	115.6	121.2	126.0	131.0	
11	36.5	37.5	39.0	41.0	42.5	44.5	46.7	48.9	51.2	53.2	55.1	57.4	59.9	62.1	65.3	68.5	70.7	73.7	76.8	80.1	83.8	86.9	91.2	94.8	99.4	103.4	107.0	110.9	116.4	121.1	125.6	131.7	
10	36.2	37.9	39.1	40.7	42.7	44.7	46.7	48.9	52.2	54.7	57.3	59.7	62.1	65.3	67.9	70.7	73.9	74.1	76.2	79.9	83.2	87.3	90.4	94.7	98.6	103.0	106.5	111.2	116.4	121.8	126.5	131.2	
9	35.7	37.4	39.1	41.1	42.5	44.1	45.7	48.2	50.3	51.7	54.2	56.6	59.2	62.3	64.9	67.8	70.1	73.3	75.9	79.3	82.3	86.6	90.6	94.5	97.6	102.1	106.4	110.8	115.3	120.0	125.4	130.9	
8	36.2	37.1	38.9	40.6	42.4	44.2	45.6	47.9	50.3	51.7	54.2	56.5	58.4	61.6	64.6	66.5	69.6	72.5	75.6	78.5	82.5	86.1	89.0	92.8	97.3	102.1	106.2	110.5	115.1	120.1	125.9	129.9	
7	35.1	36.8	38.2	39.8	41.5	43.5	45.1	47.0	49.0	51.2	53.5	55.9	58.2	60.9	63.2	65.7	69.0	72.2	75.5	78.6	81.6	85.3	89.0	93.1	97.4	101.6	105.6	110.2	114.6	119.0	124.0	129.2	
6	35.0	36.6	38.4	39.6	41.2	43.0	44.5	46.0	48.7	50.5	52.7	55.8	57.5	60.2	62.9	65.2	68.1	71.4	74.8	78.0	80.8	84.5	89.0	91.7	96.1	100.4	104.9	109.3	113.8	118.3	123.8	129.0	
5	34.7	36.0	37.1	38.9	40.6	42.9	44.7	46.1	47.7	49.7	52.3	54.7	56.9	59.7	61.9	65.3	68.2	70.5	73.3	76.4	80.3	83.7	87.2	90.8	95.2	99.4	103.4	108.1	112.8	117.7	122.5	127.8	
4	34.1	35.2	36.4	38.4	40.4	42.4	43.7	45.4	47.3	49.4	51.9	54.6	56.8	59.1	61.3	64.6	67.5	70.8	74.1	77.8	81.1	84.6	87.9	91.4	95.2	99.6	103.6	108.4	113.4	118.4	123.6	129.5	
3	33.4	34.4	35.7	37.3	39.3	40.8	42.7	44.2	46.0	48.5	50.3	52.3	54.6	57.1	59.9	61.5	65.0	68.0	70.2	73.7	76.9	80.9	83.9	87.2	91.2	95.6	98.9	103.8	108.2	112.8	117.1	122.2	
16	33.9	34.9	36.5	38.1	39.5	40.8	43.0	44.5	46.9	49.2	51.3	53.3	56.0	58.9	60.4	63.5	66.4	68.3	70.4	71.1	71.9	78.1	84.9	88.3	86.4	89.7	93.4	94.8	88.3	82.3	77.6		

Datos medido con MatrixX + MultiCube (CG): DM _{ij} (70°)																																			
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
16		35.7	37.0	38.4	39.8	41.4	43.1	44.8	46.7	48.6	50.6	52.7	54.8	57.0	59.5	62.0	64.6	67.2	69.9	72.9	75.8	78.9	82.0	85.3	88.3	91.4	94.3	96.5	97.1	94.1	86.2				
15	35.0		36.3	37.6	39.1	40.6	42.3	44.0	45.8	47.7	49.6	51.7	53.8	56.0	58.3	60.7	63.0	65.6	67.7	71.6	74.6	77.7	81.0	84.5	88.0	91.4	94.0	100.4	108.5	113.1	118.2	122.9			
14	35.5	36.8		38.4	39.8	41.4	43.1	44.8	46.6	48.6	50.5	52.7	54.8	57.0	59.4	61.8	64.4	67.2	70.0	72.9	76.0	79.2	82.5	86.1	89.8	93.7	97.8	102.2	106.6	111.3	116.1	121.0	126.0		
13	36.1	37.4	38.9		40.4	41.9	43.7	45.2	47.2	49.2	51.2	53.3	55.3	57.7	60.2	62.8	65.4	68.1	71.1	74.1	77.2	80.3	83.8	87.4	91.8	95.2	99.2	103.6	108.2	112.9	117.8	122.5	127.7		
12	36.5	37.8	39.3	40.9		42.3	43.8	45.5	47.2	49.0	50.8	52.5	54.2	56.0	57.8	59.5	61.3	63.1	64.9	66.7	68.5	70.3	72.1	73.9	75.7	77.5	79.3	81.1	82.9	84.7	86.5	88.3	90.1	91.9	
11	36.7	38.1	39.7	41.3	42.7		44.4	46.2	48.2	50.1	52.2	54.4	56.6	59.0	61.4	64.1	66.8	69.7	72.5	75.6	78.6	81.9	85.3	88.9	92.6	96.5	100.6	105.2	109.6	114.6	119.2	124.5	129.3		
10	37.1	38.5	40.0	41.5	43.0	44.8	46.6	48.4	50.5	52.6	54.9	57.2	59.5	62.0	64.6	67.3	70.0	73.0	76.0	79.3	82.4	85.9	89.4	93.1	96.7	100.9	105.3	109.9	114.7	119.7	124.7	129.7			
9	37.3	38.8	40.2	41.8	43.5	45.2	47.0	48.9	50.9	53.0	55.2	57.4	59.7	62.1	64.5	67.0	69.5	72.1	74.9	77.9	80.9	84.0	87.2	90.6	94.1	97.7	101.9	106.3	110.9	115.7	120.7	125.7	130.7		
8	37.6	39.1	40.5	42.1	43.6	45.4	47.4	49.3	51.4	53.5	55.9	58.1	60.4	62.9	65.5	68.2	71.0	74.0	76.9	80.2	83.3	86.7	90.4	93.9	97.7	101.9	106.4	111.0	114.7	119.7	124.7	129.7			
7	37.9	39.2	40.8	42.3	43.9	45.7	47.8	49.7	51.8	53.9	56.2	58.5	60.7	63.3	66.0	68.6	71.5	74.3	77.3	80.6	83.8	87.2	90.7	94.3	98.0	101.9	105.9	110.1	114.7	119.7	124.6	129.6			
6	38.1	39.5	40.9	42.4	44.0	45.7	47.6	49.5	51.5	53.6	55.8	58.0	60.3	62.6	65.0	67.5	70.1	72.8	75.6	78.5	81.5	84.6	87.9	91.3	94.8	98.4	102.3	106.4	110.7	115.2	119.8	124.6	129.6		
5	38.3	39.6	41.1	42.8	44.4	46.2	48.3	50.3	52.3	54.4	56.8	59.0	61.2	63.8	66.4	69.1	72.0	75.0	78.1	81.4	84.8	87.9	91.3	95.0	99.0	102.5	106.6	110.7	115.0	119.8	124.6	129.3			
4	38.5	39.8	41.3	43.0	44.5	46.5	48.5	50.4	52.5	54.6	56.8	59.1	61.3	63.8	66.5	69.3	72.1	75.0	78.0	81.4	84.8	87.9	91.4	95.2	99.0	102.9	107.0	111.1	115.2	119.9	124.7	129.4			
3	38.8	40.1	41.5	43.1	44.7	46.6	48.6	50.5	52.5	54.6	56.8	59.1	61.3	63.8	66.5	69.3	72.1	75.0	78.0	81.4	84.8	87.9	91.4	95.2	99.0	102.9	107.0	111.1	115.2	119.9	124.7	129.4			
2	38.7	40.0	41.4	43.1	44.7	46.5	48.6	50.5	52.5	54.6	56.8	59.1	61.3	63.8	66.7	69.4	72.1	75.0	78.0	81.4	84.2	87.8	91.3	95.0	99.0	103.0	107.0	111.2	115.5	120.2	125.0	129.8			
1	38.7	40.0	41.5	43.2	44.8	46.5	48.6	50.5	52.5	54.6	56.8	59.1	61.3	63.9	66.7	69.5	72.4	75.1	78.1	81.4	84.4	87.8	91.3	95.2	99.0	103.0	107.0	111.3	115.5	120.2	125.1	129.8			
1	38.4	39.8	41.1	42.8	44.5	46.5	48.2	50.3	52.3	54.4	56.8	59.0	61.5	64.1	66.8	69.5	72.4	75.3	78.3	81.2	84.5	87.8	91.5	95.2	99.1	103.0	107.0	111.2	115.6	120.2	125.0	129.7			
1	38.3	39.7	41.1	42.8	44.4	46.4	48.3	50.3	52.3	54.4	56.8	59.0	61.5	64.1	66.8	69.5	72.4	75.3	78.3	81.2	84.5	87.8	91.5	95.2	99.1	103.0	107.0	111.2	115.6	120.2	125.0	129.7			
1	38.4	39.8	41.3	42.8	44.5	46.5	48.3	50.4	52.5	54.4	56.8	59.0	61.6	64.1	66.8	69.5	72.4	75.3	78.3	81.4	84.6	88.0	91.7	95.4	99.2	103.1	107.2	111.3	115.6	120.3	125.0	129.7			
1	38.3	39.7	41.1	42.8	44.4	46.4	48.3	50.4	52.5	54.6	56.8	59.1	61.6	64.2	66.8	69.7	72.4	75.5	78.5	81.6	84.8	88.3	91.8	95.7	99.3	103.1	107.2	111.3	115.7	120.3	124.9	129.5			
1	38.3	39.6	41.1	42.8	44.4	46.4	48.2	50.3	52.4	54.5	56.7	58.9	61.2	63.7	66.2	68.7	71.3	74.4	77.5	80.6	83.7	87.0	90.3	93.6	97.0	100.8	104.6	108.4	112.2	116.0	120.0	123.9	127.8		
1	38.1	39.5	41.0	42.6	44.1	46.2	48.2	50.3	52.5	54.6	56.8	59.2	61.6	64.2	66.8	69.5	72.4	75.3	78.4	81.6	84.9	88.3	91.8	95.3	99.1	102.9	106.9	111.1	115.5	120.3	125.0	129.7			
7	37.9	39.3	40.8	42.3	44.1	46.0	47.9	49.9	51.9	54.3	56.5	58.8	61.3	63.9	66.4	69.3	72.0	75.3	78.0	81.2	84.4	87.9	91.4	95.2	98.8	102.6	106.6	110.7	115.4	120.2	125.0	129.8			
6	37.7	39.1	40.6	42.2	44.0	45.9	47.8	49.7	51.7	53.8	56.0	58.2	60.4	62.7	65.0	67.4	70.0	72.7	75.4	78.2	81.4	84.6	87.9	91.3	94.8	98.4	102.3	106.4	110.7	115.6	120.3	125.0	129.7		
5	37.4	38.8	40.1	41.8	43.5	45.3	47.1	49.1	51.3	53.5	55.7	58.1	60.7	63.1	65.6	68.1	71.2	74.2	77.3	80.5	83.7	87.1	90.7	94.4	98.0	101.8	105.7	110.5	115.6	120.6	125.1	129.9			
4	37.1	38.5	40.1	41.5	43.1	44.9	46.7	48.7	50.8	53.0	55.2	57.6	60.2	62.6	65.2	68.1	70.8	73.7	76.8	79.9	83.2	86.7	90.2	94.0	97.7	101.5	105.5	110.4	115.4	120.5	125.3	130.2			
3	36.8	38.3	39.7	41.3	42.8	44.7	46.5	48.4	50.4	52.6	54.8	57.0	59.4	61.8	64.3	67.0	70.0	73.0	76.0	79.1	82.3	85.6	89.1	92.5	96.1	100.0	103.9	107.9	112.0	116.1	120.3	124.5	128.7		
2	36.5	37.9	39.5	40.9	42.6	44.3	46.1	47.9	50.0	51.9	53.9	56.1	58.3	60.5	62.9	65.4	68.1	70.9	73.8	76.8	79.8	82.9	86.0	89.2	92.6	96.1	100.0	103.9	107.9	112.1	116.3	120.5	124.7	128.9	
1	36.1	37.4	39.1	40.5	42.2	43.9	45.7	47.5	49.5	51.6	53.6	56.0	58.5	60.8	63.4	66.1	69.0	71.9	75.0	78.1	81.2	84.6	88.4	92.3	96.2	100.3	104.7	109.2	114.1	118.9	123.4	128.2			
14	35.7	37.0	38.5	40.0	41.7	43.4	45.2	47.0	49.0	50.9	53.1	55.3	57.7	60.0	62.6	65.4	68.0	70.8	74.0	77.1	80.3	83.7	87.4	91.1	94.9	99.1	103.4	107.8	112.6	117.4	122.1	127.0			
13	35.2	36.5	37.8	39.3	40.9	42.5	44.2	45.9	47.7	49.4	51.3	53.3	55.6	57.9	60.4	63.0	65.6	68.3	71.1	74.1	77.2	80.4	83.7	87.1	90.6	94.3	98.1	102.0	106.1	110.4	114.8	119.2	123.5		
16	35.8	37.1	38.4	40.0	41.7	43.4	45.2	47.1	49.1	51.2	53.3	55.6	57.8	60.3	62.9	65.5	68.2	71.1	74.1	77.1	80.3	83.7	87.1	90.6	94.4	98.2	101.9	105.9	109.5	112.6	115.7	118.7	121.7		

$FC_{ij}(75^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(75^\circ)$																			
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4
16	34.7	36.1	38.2	39.8	42.0	43.1	44.8	47.0	49.5	51.3	52.8	55.2	58.2	60.4	63.3	66.3	68.2	71.8	74.9	77.8	81.7
15	34.5	36.0	37.6	39.1	40.5	42.6	44.0	46.0	47.9	50.3	52.2	54.6	57.5	59.4	62.1	64.5	67.0	70.2	72.9	76.5	80.0
14	34.6	36.1	37.9	39.3	40.7	43.0	44.9	47.0	48.8	51.4	53.6	55.6	57.9	60.9	63.3	65.6	68.7	71.2	74.9	78.4	82.3
13	35.3	36.9	38.4	40.1	42.0	43.8	45.9	48.0	49.7	51.7	54.0	57.0	59.2	61.9	64.7	67.2	70.0	73.3	76.5	79.4	83.4
12	35.4	37.7	39.1	40.5	42.1	44.4	46.0	48.1	50.0	51.8	54.7	56.7	58.9	61.9	64.8	68.0	71.3	73.3	76.8	80.7	83.5
11	36.0	37.7	39.4	40.6	42.7	44.7	46.6	48.7	50.9	53.0	55.3	57.4	59.7	62.7	65.4	69.1	71.3	74.5	77.9	81.2	84.7
10	36.7	37.7	39.5	40.9	42.7	44.5	46.9	48.8	51.3	52.9	56.3	58.0	60.9	63.6	65.8	68.3	71.1	75.5	78.6	82.0	85.7
9	37.2	38.8	39.9	41.0	43.5	45.4	46.8	48.9	51.0	53.4	56.0	58.7	60.7	63.9	66.5	68.8	73.1	74.8	78.9	82.0	85.1
8	37.4	38.8	40.2	42.1	44.3	47.1	47.9	49.8	51.9	53.6	56.4	58.8	60.4	64.0	66.7	69.2	72.0	74.9	78.7	82.1	85.5
7	37.4	39.0	40.3	42.6	44.2	46.5	47.8	49.8	51.7	53.8	56.4	59.1	62.0	64.5	67.5	70.0	72.9	75.5	78.9	82.7	86.2
6	37.5	39.1	40.3	42.7	44.4	46.6	48.7	50.5	52.3	54.4	57.1	59.1	61.4	65.0	67.4	70.7	74.3	76.4	79.7	83.1	85.9
5	38.4	39.6	41.2	43.1	44.5	46.9	48.8	50.3	53.2	55.1	57.0	60.0	62.2	65.7	68.1	71.1	74.1	77.0	80.0	83.8	87.0
4	37.8	39.2	41.5	43.1	44.6	46.5	49.0	51.0	52.8	55.1	57.5	59.6	62.5	65.4	67.7	70.6	74.1	76.4	79.9	82.7	86.9
3	38.3	39.4	41.0	43.8	45.1	46.7	48.7	51.1	53.2	55.4	57.8	60.2	62.7	65.8	68.1	71.0	74.3	77.2	80.4	83.6	86.9
2	38.1	40.0	41.2	43.2	44.8	47.2	48.6	51.2	53.2	55.7	58.2	60.4	63.1	65.6	68.5	71.2	73.9	76.9	80.2	84.0	86.9
1	38.3	39.7	41.0	42.9	45.3	47.5	49.1	50.8	53.0	55.0	57.7	60.6	62.8	65.6	68.5	71.2	73.7	77.1	80.1	83.5	86.9
16	38.0	40.1	41.5	43.0	45.0	47.7	49.0	50.8	53.1	56.0	58.1	60.3	63.0	65.0	68.0	70.6	73.3	76.1	79.7	83.3	87.1
15	38.0	39.8	41.0	42.5	44.6	46.9	49.2	51.1	52.9	55.1	57.8	60.2	63.0	65.8	68.5	71.5	74.2	76.8	80.4	83.8	86.8
14	38.0	39.2	41.3	42.7	44.8	46.7	49.2	50.8	53.0	54.8	57.8	60.0	62.4	65.0	67.7	70.4	73.1	76.7	80.1	83.4	86.9
13	37.6	39.4	41.1	42.8	44.5	46.6	48.5	50.8	53.3	55.3	57.7	59.7	62.0	64.7	67.8	70.2	73.7	76.1	79.9	83.3	87.1
12	37.8	39.9	41.0	43.2	44.5	46.8	48.9	50.8	52.8	55.2	57.4	59.2	62.0	65.1	67.8	70.9	72.9	76.0	79.7	83.1	85.8
11	37.8	39.3	40.4	42.2	44.0	45.6	47.8	49.9	52.0	54.2	57.1	59.3	62.1	64.8	67.4	69.8	72.3	75.9	79.2	82.3	85.9
10	37.4	38.4	40.5	42.0	43.6	45.5	47.8	49.7	51.9	54.4	56.6	59.3	61.6	65.5	67.1	69.6	72.2	75.0	78.9	82.0	85.4
9	36.6	38.0	40.2	41.8	43.5	45.5	47.7	49.4	51.0	53.9	56.6	59.1	61.7	63.8	66.4	69.0	71.8	74.3	78.9	81.6	84.8
8	36.8	38.3	39.8	41.4	43.0	45.1	47.0	49.2	51.3	53.2	55.9	58.1	60.7	63.6	66.1	68.4	72.1	75.3	77.7	81.3	84.8
7	37.3	38.2	39.6	41.0	43.3	45.1	46.8	48.8	51.0	53.7	56.1	58.4	60.7	63.2	65.9	68.7	71.5	74.5	77.6	80.8	84.1
6	35.8	38.0	39.3	40.8	42.6	44.6	46.2	48.0	49.8	51.9	54.3	57.2	60.2	62.6	64.9	68.3	71.2	74.4	77.1	80.0	84.1
5	35.4	37.1	38.9	40.3	41.5	43.6	45.8	47.5	49.3	51.6	54.2	56.5	59.0	61.6	64.7	68.1	70.4	72.9	76.8	79.9	83.2
4	35.0	36.5	38.4	39.7	41.7	43.7	45.4	46.8	49.0	51.1	53.9	56.1	58.5	60.6	63.4	65.9	68.8	72.2	75.8	78.7	81.9
3	35.0	35.8	37.2	39.0	40.9	42.7	44.3	45.9	48.1	50.6	52.7	55.4	57.6	60.8	62.4	64.9	68.4	70.4	74.0	78.9	80.6
2	35.6	34.8	36.5	37.8	40.0	41.8	43.3	45.3	47.4	49.2	51.7	53.4	55.7	58.1	60.7	63.6	66.0	68.6	71.8	75.4	78.7
1	34.7	35.5	37.2	39.0	40.7	41.7	43.6	45.9	47.6	49.7	52.1	54.4	56.7	59.5	61.9	64.2	67.2	69.7	72.9	75.9	79.5

Dosis medida con Matr-XX + Ms HCalc (cGy): DM _{ij} (75°)																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	36.3	37.6	39.1	40.7	42.2	44.1	45.8	47.8	49.6	51.9	54.0	56.1	58.3	60.8	63.3	65.9	68.7	71.5	74.3	77.4	80.5	83.7	87.0	90.0	93.2	96.8	97.6	97.1	91.7	82.4				
15	35.7	37.1	38.3	39.9	41.5	43.2	44.9	46.8	48.7	50.7	52.8	55.0	57.2	59.6	62.1	64.7	67.4	70.1	73.2	76.2	79.4	82.7	86.1	89.7	93.7	98.0	98.7	98.0	92.4	83.0	124.9	127.0		
14	36.2	37.5	39.1	40.5	42.2	44.0	45.8	47.5	49.6	51.6	53.8	55.9	58.3	60.7	63.2	65.9	68.6	71.5	74.5	77.6	80.8	84.1	87.9	91.7	95.7	99.8	104.2	108.7	103.4	114.4	118.4	120.0	124.9	
13	36.6	38.0	39.6	41.2	42.8	44.5	46.3	48.2	50.1	52.2	54.4	56.6	59.0	61.5	64.1	66.9	69.6	72.5	75.5	78.7	82.0	85.5	89.2	93.0	97.1	101.2	105.7	101.3	115.0	120.0	124.8	129.5		
12	37.0	38.4	40.0	41.6	43.2	44.9	46.7	48.6	50.7	52.6	55.0	57.2	59.6	62.1	64.7	67.6	70.4	73.3	76.3	79.6	82.9	86.4	90.1	94.0	98.1	102.3	106.6	102.1	116.0	121.0	125.7	130.5		
11	37.4	38.8	40.4	42.0	43.6	45.3	47.1	49.1	51.1	53.3	55.5	57.8	60.1	62.6	65.4	68.2	70.9	74.0	77.1	80.3	83.6	87.0	90.4	94.8	99.3	103.7	107.1	111.6	116.6	121.6	126.3	131.1		
10	37.6	39.1	40.7	42.2	43.8	45.5	47.5	49.5	51.6	53.7	56.1	58.3	60.7	63.2	65.9	68.7	71.5	74.5	77.6	80.8	84.1	87.6	91.2	94.9	98.7	102.8	107.3	111.9	116.6	121.6	126.3	131.1		
9	38.0	39.3	40.9	42.6	44.1	45.9	47.9	49.9	52.0	54.2	56.5	58.8	61.2	63.7	66.3	69.2	72.0	74.9	78.0	81.3	84.5	87.7	91.2	94.9	98.7	102.8	107.3	111.9	116.6	121.6	126.3	131.1		
8	38.3	39.7	41.3	42.9	44.5	46.3	48.3	50.3	52.4	54.6	56.9	59.2	61.6	64.1	66.9	69.6	72.4	75.4	78.4	81.7	85.0	88.4	92.0	95.5	99.5	103.7	107.5	112.0	116.6	121.6	126.3	130.9		
7	38.6	39.9	41.5	43.2	44.7	46.6	48.7	50.7	52.8	55.0	57.4	59.6	62.0	64.5	67.2	70.0	72.8	75.8	78.8	82.1	85.4	89.0	92.5	96.1	100.0	103.8	107.8	112.0	116.6	121.6	126.3	130.8		
6	38.7	40.1	41.6	43.3	45.0	46.8	49.0	51.1	53.0	55.4	57.8	60.0	62.4	64.9	67.4	70.1	73.2	76.1	79.2	82.5	85.8	89.4	92.8	96.5	100.3	104.1	108.3	112.4	116.9	121.7	126.3	130.8		
5	38.9	40.3	41.8	43.6	45.1	47.1	49.1	51.2	53.3	55.5	57.8	60.1	62.4	65.1	67.6	70.5	73.3	76.3	79.5	82.6	85.9	89.6	93.2	96.9	100.7	104.6	108.7	112.8	117.1	121.9	126.6	131.2		
4	39.1	40.4	42.0	43.6	45.3	47.2	49.2	51.2	53.4	55.5	57.8	60.1	62.5	65.0	67.8	70.5	73.4	76.3	79.5	82.6	85.9	89.6	93.2	96.9	100.8	104.6	108.7	112.8	117.1	121.9	126.6	131.2		
3	39.1	40.5	42.0	43.6	45.3	47.2	49.2	51.3	53.4	55.5	57.8	60.1	62.4	65.0	67.8	70.4	73.4	76.3	79.5	82.6	85.9	89.4	92.9	96.7	100.7	104.6	108.7	112.8	117.1	121.9	126.6	131.2		
2	39.2	40.5	42.0	43.7	45.4	47.2	49.4	51.3	53.4	55.5	57.6	60.1	62.5	65.0	67.9	70.7	73.4	76.3	79.4	82.5	85.8	89.4	92.9	96.7	100.7	104.6	108.7	112.8	117.1	121.9	126.6	131.2		
1	39.2	40.5	42.0	43.8	45.4	47.2	49.4	51.3	53.4	55.5	57.6	60.1	62.5	65.0	67.9	70.8	73.6	76.5	79.5	82.6	85.9	89.4	92.8	96.6	100.5	104.5	108.4	112.8	117.1	121.9	126.7	131.3		
16	39.0	40.3	41.7	43.4	45.1	47.2	49.0	51.2	53.2	55.3	57.5	60.0	62.6	65.1	67.9	70.8	73.7	76.6	79.6	82.6	85.8	89.2	92.9	96.6	100.5	104.4	108.6	112.8	117.3	121.9	126.6	131.2		
15	39.0	40.3	41.7	43.4	45.1	47.1	49.1	51.3	53.3	55.3	57.4	59.5	61.6	63.7	65.8	67.9	70.8	73.6	76.5	79.6	82.7	86.0	89.7	93.4	97.1	101.0	105.1	109.3	113.7	118.1	122.4	127.0		
14	38.8	40.3	41.7	43.4	45.1	47.1	49.1	51.3	53.4	55.5	57.9	60.3	62.6	65.3	68.0	70.9	73.7	76.7	79.9	83.0	86.3	89.9	93.3	97.3	100.9	104.8	109.0	113.2	117.7	122.3	126.9	131.5		
13	38.8	40.3	41.7	43.3	45.1	47.1	49.1	51.2	53.3	55.3	57.4	59.5	61.6	63.7	65.8	67.9	70.8	73.6	76.5	79.6	82.8	86.5	90.3	94.3	98.3	102.4	106.8	111.2	115.7	120.4	125.0	129.7		
12	38.7	40.1	41.7	43.2	45.0	47.0	49.0	51.2	53.4	55.5	57.8	60.3	62.6	65.3	68.0	70.8	73.7	76.7	79.7	83.0	86.5	90.3	94.3	98.3	102.4	106.8	111.2	115.7	120.4	125.0	129.7	134.4		
11	38.6	40.0	41.5	43.0	44.9	46.8	48.7	50.8	52.9	55.3	57.5	59.9	62.4	65.0	67.6	70.5	73.3	76.6	79.4	82.6	85.9	89.5	93.0	96.9	100.5	104.4	108.5	112.5	117.3	122.0	126.6	131.2		
10	38.3	39.7	41.2	42.8	44.5	46.5	48.4	50.4	52.6	54.7	56.8	59.1	61.4	63.8	66.4	69.1	71.9	74.7	77.6	80.5	83.5	86.8	90.2	93.6	100.0	104.0	108.2	112.4	117.3	122.0	126.6	131.2		
9	37.9	39.3	40.9	42.5	44.2	46.1	47.9	50.0	52.1	54.4	56.7	59.1	61.7	64.2	66.9	69.7	72.5	75.5	78.7	81.9	85.2	88.7	92.3	95.9	99.8	103.8	107.8	112.4	117.3	122.0	126.6	131.2		
8	37.6	39.1	40.7	42.2	44.0	45.7	47.6	49.6	51.7	54.0	56.2	58.5	60.8	63.2	65.8	68.4	71.1	73.8	76.4	79.1	81.8	84.8	88.2	91.7	95.5	99.4	103.4	107.8	112.4	117.3	122.3	126.9	131.5	
7	37.4	38.8	40.3	42.0	43.6	45.4	47.2	49.2	51.3	53.5	55.6	58.0	60.3	62.8	65.3	68.0	70.8	73.6	76.6	80.0	83.2	86.7	90.3	93.9	97.5	101.3	105.6	110.2	114.7	119.4	124.2	129.0	133.6	
6	37.0	38.4	40.0	41.6	43.2	44.9	46.7	48.6	50.7	52.8	55.0	57.2	59.6	62.1	64.7	67.4	70.1	73.2	76.2	79.4	82.7	86.1	89.7	93.3	97.0	100.8	104.8	108.9	113.0	117.3	121.9	126.6	131.1	
5	36.7	38.0	39.6	41.2	42.9	44.6	46.5	48.4	50.4	52.5	54.7	57.0	59.5	62.0	64.6	67.4	70.3	73.2	76.3	79.5	82.8	86.3	90.0	93.8	97.9	102.1	106.5	111.2	115.9	120.9	125.3	130.0		
4	36.2	37.6	39.2	40.7	42.4	44.1	45.9	47.9	50.0	52.4	54.6	56.8	59.2	61.8	64.3	66.9	69.6	72.2	75.3	78.6	81.9	85.3	89.0	92.8	96.7	100.8	105.3	109.8	114.5	119.5	124.0	128.7		
3	35.7	37.1	38.3	39.9	41.5	43.2	44.9	46.8	48.7	50.7	52.8	55.0	57.2	59.6	62.1	64.7	67.4	70.1	73.2	76.2	79.4	82.7	86.1	89.7	93.7	98.0	102.3	106.6	111.0	115.5	120.0	124.8		
2	35.5	36.9	38.2	39.8	41.4	43.0	44.6	46.3	48.1	49.9	51.7	53.6	55.6	57.6	59.7	61.9	64.2	66.6	69.1	71.7	74.4	77.1	80.0	82.9	86.0	89.3	92.7	96.1	99.6	103.1	106.6	110.1	113.6	
1	36.5	37.8	39.2	40.8	42.4	44.3	46.1	48.2	50.0	52.2	54.4	56.7	59.0	61.5	64.2	66.9	69.5	72.4	75.4	78.6	81.9	85.1	88.7	92.3	96.1	100.1	104.3	108.4	112.7	117.1	121.4	125.7		

$FC_{ij}(80^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(80^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	348	363	380	402	413	429	448	469	487	509	537	562	584	604	633	666	690	719	748	782	822	857	891	935	969	1007	1049	1087	1138	1164			
15	342	357	372	390	408	425	445	462	482	508	524	550	572	599	619	646	676	710	739	773	800	842	875	912	956	992	1023	1073	1119	1178	1231	1283	
14	355	365	381	398	415	438	456	470	487	510	537	558	581	607	638	668	695	720	748	782	818	854	888	923	968	1011	1051	1098	1141	1200	1249	1297	
13	357	368	388	406	421	441	456	474	491	517	541	567	588	619	642	669	691	731	760	800	829	869	899	932	968	1012	1058	1104	1165	1222	1269	1324	
12	358	368	389	404	419	439	459	477	502	525	541	565	591	623	652	680	714	739	771	806	840	875	917	952	988	1038	1081	1131	1167	1221	1275	1330	
11	366	378	394	409	425	446	469	484	510	526	549	579	602	627	656	689	720	749	776	815	848	877	916	955	1000	1038	1083	1131	1175	1226	1272	1326	
10	367	378	394	414	436	451	475	495	513	537	555	581	607	636	668	687	723	748	786	813	844	884	923	966	1003	1047	1091	1132	1176	1234	1287	1328	
9	361	379	396	418	433	455	468	492	522	539	564	587	605	638	665	694	724	754	786	819	850	882	930	964	1004	1035	1088	1134	1178	1230	1282	1330	
8	372	381	400	416	437	459	478	494	518	543	569	589	611	637	657	697	727	757	782	824	848	891	927	969	1011	1048	1097	1133	1180	1233	1278	1322	
7	371	391	405	422	440	458	476	495	521	542	565	593	606	641	665	693	729	757	788	823	849	893	926	972	1014	1051	1099	1136	1181	1233	1277	1329	
6	374	387	401	422	444	465	480	498	525	541	570	597	619	640	671	698	727	758	788	822	857	897	938	972	1013	1057	1094	1138	1187	1235	1278	1324	
5	374	391	412	431	446	466	488	506	527	548	569	591	616	645	672	702	728	764	792	825	863	896	933	968	1013	1055	1092	1135	1180	1232	1271	1320	
4	380	390	412	429	447	468	489	504	524	551	569	597	621	647	677	707	732	765	800	832	868	902	942	978	1022	1058	1104	1136	1186	1237	1287	1322	
3	381	398	412	430	450	470	492	511	532	553	578	598	624	651	678	709	736	768	789	828	862	897	931	968	1010	1052	1098	1148	1189	1241	1284	1333	
2	383	395	410	430	447	471	491	508	535	554	575	600	628	649	681	709	737	763	799	827	866	905	940	976	1018	1063	1102	1142	1182	1232	1278	1321	
1	382	397	413	435	451	468	488	507	531	553	572	603	628	656	681	705	737	766	790	833	865	908	941	979	1022	1061	1102	1138	1190	1240	1283	1331	
1	380	391	408	431	449	471	490	511	530	552	574	602	626	651	675	705	736	762	793	831	863	905	937	981	1014	1059	1096	1147	1188	1228	1281	1329	
2	379	395	408	429	451	468	487	507	531	549	569	595	627	641	676	706	737	771	794	829	862	909	938	985	1019	1058	1094	1138	1188	1235	1280	1335	
3	376	395	410	427	448	466	482	503	526	551	575	602	622	648	675	700	736	772	794	832	863	902	944	978	1022	1056	1102	1140	1189	1237	1279	1324	
4	377	387	406	420	447	461	480	507	521	551	572	604	621	644	676	709	732	766	786	828	864	896	935	975	1011	1058	1094	1142	1177	1239	1275	1321	
5	373	386	403	426	446	463	482	497	519	541	568	594	615	642	667	700	732	766	795	821	856	901	931	967	1008	1048	1087	1132	1181	1231	1279	1323	
6	372	389	402	420	440	454	476	496	524	543	569	594	617	641	671	697	729	760	789	829	858	902	927	963	1007	1053	1098	1134	1180	1230	1281	1322	
7	368	383	398	416	436	457	477	494	522	540	559	584	613	632	659	694	726	758	787	823	847	885	920	967	1009	1042	1082	1139	1177	1229	1278	1322	
8	367	381	396	414	432	452	475	494	513	536	560	581	608	633	660	690	720	753	784	818	851	892	930	970	1008	1052	1098	1132	1171	1221	1271	1315	
9	360	378	393	410	427	445	466	487	505	529	554	576	605	632	652	685	716	755	784	818	844	877	915	961	998	1038	1061	1090	1127	1174	1225	1272	1313
10	360	375	394	410	428	443	465	484	505	528	551	574	596	624	650	675	709	744	774	814	840	879	915	948	988	1030	1076	1125	1172	1225	1272	1314	
11	356	373	387	407	424	444	462	484	506	524	547	576	599	625	650	674	705	736	763	802	835	873	907	949	989	1038	1074	1116	1158	1216	1263	1313	
12	353	369	383	399	417	437	453	469	494	518	544	569	594	614	637	665	699	727	760	794	822	862	898	929	978	1016	1065	1115	1157	1212	1263	1303	
13	350	359	376	390	410	430	451	465	487	512	538	561	581	602	630	653	686	719	750	781	819	852	888	929	967	1012	1054	1104	1144	1192	1238	1290	
14	343	354	371	386	405	419	443	463	483	501	521	546	568	592	616	642	674	707	740	772	804	836	868	906	941	980	1034	1081	1124	1176	1232	1271	
15	340	354	366	384	401	412	433	450	467	494	511	534	556	583	606	637	661	690	717	753	783	821	858	891	930	972	1012	1047	1091	1132	1170	1206	
16	341	354	372	386	405	421	437	457	492	524	544	569	591	616	643	668	701	727	756	788	819	848	885	918	942	986	1028	1065	1105	1144	1184	1206	

Dosis medida con MatrxIX + MultiCube (cGy): DM _{ij} (80°)																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	368	381	396	411	429	446	464	484	504	525	546	568	591	617	642	669	696	725	755	785	816	849	882	913	943	973	1004	1037	1070	1105	1140	1175
15	361	374	388	404	419	437	455	474	493	513	536	557	579	603	628	656	683	712	742	773	806	839	875	913	950	991	1033	1077	1121	1168	1215	1254
14	365	378	396	410	427	445	463	482	503	523	545	566	590	615	640	668	695	725	755	787	820	855	892	930	970	1012	1057	1103	1151	1200	1244	1290
13	369	384	400	417	436	455	474	495	516	538	560	583	607	632	656	683	712	743	774	806	839	875	912	950	991	1035	1081	1129	1176	1226	1271	1315
12	373	388	404	419	437	455	474	492	512	533	556	579	603	628	656	684	713	742	774	806	839	875	912	950	991	1035	1081	1129	1176	1226	1271	1315
11	377	392	407	425	449	458	476	496	517	540	562	585	609	635	662	691	718	749	781	812	847	881	918	955	996	1039	1085	1130	1180	1229	1272	1318
10	380	395	410	427	443	462	480	500	521	544	566	594	614	640	670	704	734	766	802	835	872	906	940	979	1019	1057	1104	1154	1208	1257	1307	1351
9	384	398	414	430	446	466	486	506	526	549	572	596	623	648	674	705	736	763	802	835	873	907	949	989	1038	1074	1116	1158	1216	1263	1313	1357
8	386	401	417	433	450	468	488	509	531	553	576	599	623	650	676	704	733	763	794	827	860	896	931	968	1007	1046	1089	1132	1180	1228	1273	1315
7	389	404	419	437	452	471	492	513	534	557	579	603	627	652	680	708	737	766	798	831	865	900	937	972	1012	1050	1091	1135	1181	1229	1273	1315
6	392	405	421	438	455	474	495	516	537	560	583	607	631	656	683	712	740	770	802	835	869	905	942	979	1019	1058	1099	1143	1189	1234	1277	1318
5	393	406	422	439	456	476	497	518	540	563	586	610	634	659	686	715	744	773	803	836	869	906	944	982	1022	1063	1107	1153	1200	1245	1289	1331
4	394	407	423	441	458	476	497	517	540	561	585	609	632	658	685	714	744	773	803	836	869	905	941	979	1019	1057	1099	1140	1184	1230	1274	1318
3	394	407	423	441	458	476	497	519	540	561	585	609	631	658	687	714	744	774	803	835	868	904	938	976	1016	1056	1097	1138	1183	1228	1273	1316
2	394	407	423	441	458	476	497	519	540	561	585	609	631	658	687	714	744	774	803	835	868	904	938	976	1016	1056	1097	1138	1183	1228	1273	1316
1	394	407	423	441	458	476	499	519	538	560	583	607	631	658	687	714	745	774	804	835	868	902	937	975	1015	1055	1094	1138	1180	1226	1271	1315
1	392	406	419	438	456	476	495	516	537	558	581	606	629	652	678	706	734	764	794	824	856	892	929	976	1015	1053	1095	1138	1181	1225	1270	1315
2	395	411	428	445	464	484	504	524	547	569	592	616	640	664	688	713	742	771	801	831	863	897	934	971	1010	1049	1091	1134	1178	1222	1265	1309
3	393	406	421	438	456	476	496	517	538	560	583	607	632	660	687	715	745	775	806	837	871	905	942	979	1019	1058	1099	1142	1185	1232	1274	1319
4	392	406	422	439	456	476	496	519	540	561	585	610	634	662	688	717	746	777	807	840	873	909	945	984	1021	1061	1102	1146	1191	1234	1277	1322
5	393	406	422	439	456	476	496	519	540	561	585	610	635	662	688	717	746	777	807	840	873	909	945	984	1021	1061	1102	1146	1191	1234	1277	1322
6	393	406	422	439	456	476	496	519	540	561	585	610	635	662	688	717	746	777	807	840	873	909	945	984	1021	1061	1102	1146	1191	1234	1277	1322
7	390	405	421	437	455	475	495	517	540	562	585	610	635	662	688	717	746	777	807	841	875	910	946	983	1021	1061	1102	1144	1191	1236	1278	1322
8	389	404	419	435	454	472	492	513	536	558	582	606	631	658	684	713	742	775	804	836	871	906	942	980	1017	1058	1099	1140	1188	1234	1277	1322
9	386	401	417	433	450	469	491	512	535	558	582	606	629	655	681	709	738	769	800	833	867	901	937	975	1013	1053	1095	1138	1187	1233	1275	1319
10	384	398	414	430	447	466	487	508	529	551	574	598	621	646	672	701	730	761	791	824	857	893	929	967	1005	1048	1091	1138	1187	1233	1275	1319
11	380	394	410	427	445	462	482	501	522	546	570	594	619	646	672	701	730	761	791	824	857	893	929	967	1005	1048	1091	1138	1187	1233	1275	1319
12	377	392	407	425	441	459	478	497	519	541	565	589	613	640	667	696	725	755	786	819	852	888	925	963	1002	1045	1088	1136	1187	1236	1277	1322
13	373	388	405	421	438	456	475	494	515	537	560	584	608	632	657	683	712	741	771	802	835	871	908	945	982	1020	1060	1103	1147	1192	1237	1280
14	370	384	400	417	434	451	470	491	511	531	554	577	602	627	654	683	712	741	773	806	837	875	912	951	992	1032	1078	1126	1175	1222	1265	1308
15	365	380	396	411	429	446	466	484	504	525	548	572	595	620	646	673	701	732	762	795	828	864	901	939	979	1021	1065	1111	1160	1209	1250	1297
16	361	374	389	404	419	437	455	474	493	513	536	557	579	603	628	656	684	714	744	774	806	839	875	913	950	991	1033	1077	1121	1168	1215	1254
16	368	382	396	413	430	448	467	487	507	529	550	574	598	623	650	676	704	733	765	795	830	863	898	934	971	1008	1045	1078	1105	1131	1165	1200

$FC_{ij}(85^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(85^\circ)$																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1
16	35.3	37.2	38.5	40.2	42.0	44.0	45.8	47.3	49.4	51.1	54.1	55.9	58.2	61.1	63.8	66.5	69.2	72.1
15	34.9	36.2	38.0	39.4	41.3	43.0	44.7	46.2	49.1	51.1	52.8	56.0	58.0	60.1	62.6	65.8	68.5	71.4
14	35.5	36.6	38.3	40.1	42.3	43.8	45.8	47.5	49.8	51.9	54.7	56.9	59.2	61.8	64.7	67.0	70.2	72.9
13	35.4	37.2	38.7	40.1	42.4	44.3	45.9	48.1	50.7	52.6	55.0	57.4	59.7	62.4	64.8	68.3	71.2	74.0
12	35.8	37.2	38.9	40.8	42.7	44.5	46.3	48.8	50.5	52.7	55.2	57.5	60.5	63.2	65.1	68.1	71.1	74.7
11	36.3	37.3	39.4	40.9	42.9	44.9	47.1	49.1	51.2	53.8	55.7	58.2	60.3	63.2	66.3	69.1	72.1	75.6
10	36.6	37.9	39.7	41.7	43.3	45.4	47.1	49.1	51.6	54.0	55.9	58.8	60.6	63.2	66.4	69.5	72.6	75.3
9	37.4	39.0	40.2	41.7	43.7	45.7	47.6	49.7	51.9	54.3	56.5	58.7	61.4	64.0	66.5	69.3	73.0	76.3
8	37.7	38.8	40.4	42.4	44.1	46.2	47.5	49.8	51.7	55.1	56.6	59.4	61.5	64.6	67.3	70.1	73.6	76.2
7	37.9	39.1	40.7	42.5	44.4	46.4	48.8	50.2	52.5	55.0	57.5	59.9	62.8	65.0	68.2	70.9	73.8	77.0
6	37.6	39.3	41.0	42.8	45.0	46.5	48.7	50.6	52.7	55.1	57.6	60.5	62.3	65.1	68.1	70.6	74.0	77.3
5	37.9	39.8	41.0	43.0	44.6	46.5	48.7	50.3	52.9	54.7	56.9	59.6	62.1	65.1	67.8	70.6	74.0	77.6
4	37.9	39.6	41.6	42.6	45.1	47.2	48.6	50.7	52.9	55.3	58.0	60.4	63.0	65.7	68.3	71.0	74.0	77.0
3	38.0	39.5	41.5	43.6	45.3	47.1	49.4	51.3	53.7	55.5	57.9	61.1	63.3	65.8	68.8	71.2	74.5	77.8
2	38.5	39.9	41.4	43.6	45.3	46.9	49.3	50.8	53.2	55.6	57.8	60.7	63.3	65.9	68.8	71.4	74.6	77.7
1	38.4	40.4	41.4	43.7	45.3	47.5	49.3	51.2	53.7	56.2	58.7	60.9	63.7	66.0	69.0	71.8	74.9	77.8
1	38.5	40.0	41.7	43.9	45.4	47.6	49.3	51.5	53.6	55.5	57.6	60.7	62.7	66.1	68.0	71.1	74.6	77.7
2	38.6	40.1	41.5	43.4	45.7	47.0	49.1	51.1	53.6	56.0	58.3	61.0	63.4	65.8	68.6	70.5	74.0	76.9
3	38.6	39.5	40.9	43.6	45.5	47.2	49.2	51.0	53.3	56.2	58.0	60.4	62.9	65.4	68.2	70.5	73.9	77.3
4	38.1	39.8	41.4	43.2	44.9	47.1	49.0	51.1	53.1	55.6	58.1	60.5	62.8	65.5	68.5	71.5	74.2	76.9
5	38.1	39.7	41.1	43.0	45.2	46.6	48.8	50.8	53.2	54.6	57.5	59.6	62.0	64.5	67.7	71.2	74.0	76.7
6	37.9	39.1	40.7	42.3	44.7	46.2	48.3	50.0	52.3	54.4	57.0	59.9	62.3	65.0	67.5	70.5	73.5	76.1
7	37.1	38.9	40.6	42.5	44.3	46.0	48.2	50.2	51.5	53.8	55.7	59.6	61.3	64.4	67.5	70.2	73.6	76.2
8	37.2	38.7	40.4	42.2	44.0	45.3	47.6	49.4	51.7	53.9	56.8	59.1	61.9	64.2	66.9	69.8	72.7	76.0
9	36.5	38.5	39.9	41.6	43.6	45.7	47.5	49.4	51.0	53.4	55.6	58.4	61.0	63.6	66.2	69.1	72.0	75.2
10	36.6	38.3	40.0	41.5	43.5	45.4	47.2	49.0	50.9	53.1	57.5	58.2	59.8	62.2	64.8	67.7	70.5	73.9
11	36.7	37.5	39.1	40.7	42.6	44.5	46.6	48.5	50.7	52.4	55.1	58.2	60.4	63.3	66.2	67.9	71.3	74.0
12	36.1	37.2	38.3	40.5	42.1	43.7	46.1	47.6	50.3	52.7	54.5	57.9	60.1	62.2	65.0	70.3	73.1	76.5
13	35.2	37.0	38.0	40.0	41.7	44.0	45.6	47.6	49.4	51.7	53.6	56.2	58.7	60.7	63.7	66.4	69.5	72.2
14	35.2	36.3	37.5	39.2	40.6	42.7	44.9	46.6	48.7	50.9	51.9	54.9	57.2	59.9	62.7	68.2	71.1	73.8
15	33.7	35.1	36.1	37.8	40.1	41.6	43.8	45.3	47.3	49.2	51.3	54.1	56.8	58.4	61.4	64.2	67.0	69.9
16	34.2	35.7	37.7	39.1	41.0	42.8	44.1	46.4	47.5	50.6	52.4	54.9	56.6	59.7	62.6	64.7	67.6	70.1

		Dosis medida con Matr-XX + Mr-CCube (cGy): $DM_{ij}(85^\circ)$																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1
16	37.4	38.7	40.3	41.9	43.6	45.5	47.3	49.3	51.3	53.5	55.8	58.0	60.4	63.0	65.8	68.5	71.3	74.3
15	36.6	38.1	39.4	41.0	42.7	44.4	46.3	48.2	50.2	52.3	54.6	56.8	59.0	61.6	64.2	67.0	69.9	72.8
14	37.0	38.5	40.1	41.6	43.4	45.1	47.1	48.9	51.0	53.1	55.4	57.7	60.0	62.6	65.2	68.0	70.9	73.9
13	37.4	38.9	40.6	42.2	44.0	45.6	47.6	49.6	51.9	54.0	56.4	58.8	61.3	63.8	66.7	69.6	72.5	75.7
12	37.8	39.3	41.0	42.6	44.3	46.0	47.8	49.8	51.9	54.0	56.4	58.8	61.3	63.8	66.7	69.6	72.5	75.7
11	38.2	39.7	41.3	43.0	44.5	46.4	48.4	50.3	52.3	54.6	56.9	59.3	61.8	64.5	67.2	70.1	73.1	76.2
10	38.5	39.9	41.5	43.2	44.8	46.7	48.6	50.6	52.7	55.1	57.5	59.8	62.2	64.8	67.7	70.6	73.5	76.7
9	38.9	40.3	41.9	43.6	45.2	47.1	49.0	51.0	53.2	55.5	57.9	60.4	62.7	65.4	68.1	71.0	73.9	77.1
8	39.1	40.6	42.2	43.9	45.5	47.4	49.4	51.5	53.6	55.9	58.3	60.8	63.1	65.8	68.4	71.4	74.5	77.5
7	39.3	40.7	42.4	44.2	45.7	47.7	49.8	51.9	54.0	56.3	58.7	61.2	63.4	66.0	68.9	71.8	74.9	77.9
6	39.5	41.0	42.6	44.3	46.0	48.0	50.1	52.2	54.3	56.7	59.0	61.4	63.9	66.4	69.2	72.1	75.1	78.1
5	39.7	41.1	42.7	44.4	46.1	48.1	50.2	52.3	54.4	56.8	59.2	61.6	63.9	66.7	69.5	72.5	75.4	78.4
4	39.8	41.1	42.7	44.4	46.3	48.2	50.2	52.3	54.6	56.8	59.2	61.6	64.1	66.7	69.6	72.5	75.4	78.6
3	39.8	41.3	42.7	44.5	46.3	48.2	50.3	52.5	54.6	56.8	59.2	61.7	63.9	66.7	69.6	72.5	75.4	78.6
2	39.8	41.3	42.7	44.5	46.3	48.2	50.3	52.5	54.6	56.8	59.0	61.6	64.1	66.7	69.7	72.6	75.5	78.6
1	39.9	41.3	42.8	44.7	46.3	48.2	50.3	52.5	54.6	56.7	59.0	61.6	64.1	66.7	69.7	72.8	75.7	78.7
1	39.5	41.0	42.6	44.3	46.1	48.1	50.1	52.2	54.3	56.5	58.8	61.1	63.6	66.1	68.7	71.6	74.5	77.5
2	39.5	41.0	42.6	44.3	46.1	48.1	50.1	52.5	54.4	56.5	58.9	61.4	64.2	66.8	69.7	72.8	75.7	78.7
3	39.7	41.1	42.6	44.3	46.1	48.1	50.2	52.3	54.4	56.7	59.0	61.6	64.2	67.0	69.7	72.8	75.7	78.7
4	39.5	41.1	42.6	44.3	46.1	48.1	50.2	52.3	54.6	56.7	59.2	61.7	64.2	67.0	69.9	72.8	75.7	78.7
5	39.5	41.0	42.6	44.3	46.1	48.1	50.2	52.3	54.4	56.8	59.2	61.7	64.2	67.0	69.9	72.8	75.7	78.7
6	39.5	41.0	42.6	44.3	46.1	48.1	50.2	52.3	54.6	56.8	59.2	61.7	64.2	67.0	69.9	72.8	75.7	78.7
7	39.3	40.7	42.3	44.0	45.7	47.8	49.8	51.9	54.0	56.4	58.8	61.3	63.9	66.6	69.3	72.2	75.1	78.6
8	39.0	40.5	42.0	43.8	45.5	47.4	49.4	51.5	53.6	56.0	58.3	60.8	63.1	65.8	68.4	71.4	74.5	77.5
9	38.6	40.1	41.8	43.4	45.1	47.1	49.0	51.1	53.2	55.6	58.0	60.5	63.1	65.8	68.4	71.3	74.3	77.5
10	38.4	39.8	41.4	43.1	44.8	46.5	48.6	50.6	52.9	55.1	57.5	60.0	62.6	65.2	68.0	70.9	73.8	77.0
11	38.0	39.5	41.1	42.7	44.4	46.4	48.2	50.2	52.3	54.7	56.9	59.4	62.1	64.7	67.3	70.4	73.3	76.6
12	37.6	39.0	40.7	42.4	44.2	45.9	47.8	49.8	51.9	54.0	56.4	58.9	61.6	64.1	66.8	69.7	72.6	75.7
13	37.3	38.7	40.3	41.9	43.8	45.6	47.4	49.4	51.5	53.6	55.9	58.3	60.9	63.4	66.2	69.1	72.1	75.0
14	36.8	38.2	39.9	41.5	43.2	45.1	47.1	48.9	51.0	53.1	55.4	57.7	60.1	62.7	65.4	68.1	71.0	74.1
15	36.4	37.8	39.3	40.7	42.7	44.3	46.1	48.1	50.2	52.3	54.4	56.7	59.2	61.7	64.3	67.1	69.9	72.9
16	37.2	38.6	40.1	41.8	43.5	45.3	47.2	49.3	51.3	53.5	55.8	58.1	60.5	63.1	65.9	68.5	71.4	74.5

		Factores de corrección: $FC_{ij}(85^\circ)$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
16	0.9478	0.9659	0.9546	0.9644	0.9565	0.9656	0.9678	0.9614	0.9700	0.9652	0.9751	0.9727	0.9638	0.9704	0.9647	0.9730	0.9723	0.9639	0.9704	0.9780	0.9622	0.9889	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880	0.988

$FC_{ij}(86^\circ)$

Datos calculada con TPS (CG): $DC_{ij}(86^\circ)$																																	
Detector <i>i</i>	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	349	367	388	400	422	438	460	479	499	522	543	567	591	619	641	672	701	730	764	799	832	866	906	948	989	1022	1063	1099	1143	1176			
15	349	366	377	397	411	431	447	461	493	506	530	559	582	601	623	653	683	707	739	774	816	848	888	926	967	1004	1046	1097	1153	1206	1256	1306	
14	356	364	386	401	421	439	455	477	500	521	541	568	588	615	640	668	694	724	753	786	829	865	897	934	985	1030	1068	1119	1168	1218	1274	1323	
13	361	371	384	406	418	439	452	480	503	530	550	580	598	624	647	679	714	734	767	808	836	878	913	959	1000	1044	1086	1136	1182	1229	1279	1321	
12	367	377	393	410	431	449	466	487	509	532	558	580	605	625	652	682	718	745	776	811	842	886	921	962	1008	1058	1095	1134	1178	1221	1278	1329	
11	366	378	397	417	434	444	466	486	513	535	565	586	614	635	664	693	723	753	782	816	854	895	926	968	1016	1060	1099	1144	1193	1245	1285	1335	
10	369	383	396	416	430	452	470	496	516	538	563	592	613	640	667	697	728	761	789	822	858	893	926	970	1017	1055	1103	1149	1195	1247	1290	1339	
9	370	384	400	416	438	461	478	493	520	537	566	589	613	644	672	692	723	758	793	831	859	900	934	970	1013	1053	1102	1151	1193	1244	1297	1342	
8	375	389	407	428	442	460	478	499	524	546	566	600	619	643	674	701	732	764	793	824	861	896	935	976	1028	1067	1108	1149	1194	1244	1288	1332	
7	375	389	404	427	445	460	483	501	528	547	570	599	623	650	672	697	732	765	795	825	859	898	937	973	1016	1058	1103	1147	1192	1247	1302	1343	
6	379	395	408	429	448	464	484	504	534	554	579	605	626	657	682	706	740	768	801	832	868	909	942	984	1021	1068	1107	1151	1199	1243	1294	1326	
5	375	397	413	431	450	472	496	508	536	553	578	604	622	653	684	715	745	772	798	829	869	909	949	985	1028	1068	1110	1158	1199	1250	1303	1352	
4	382	397	412	435	456	470	490	511	531	556	576	605	627	656	688	715	739	774	805	840	877	913	946	983	1026	1066	1101	1152	1196	1244	1288	1334	
3	387	403	418	432	452	469	493	514	532	553	579	606	628	654	679	714	747	777	806	839	875	909	947	990	1031	1078	1112	1154	1198	1240	1284	1327	
2	388	399	417	434	457	476	485	509	534	558	580	606	631	657	688	714	740	775	808	839	875	911	946	986	1028	1064	1108	1156	1193	1241	1290	1332	
1	383	403	417	437	455	474	489	511	531	561	588	614	635	662	691	719	753	777	805	849	881	919	947	982	1021	1063	1108	1151	1196	1244	1291	1344	
1	383	401	417	435	453	478	494	511	534	557	579	606	629	658	682	711	744	776	809	843	869	910	943	984	1021	1071	1109	1148	1192	1246	1287	1334	
2	389	414	436	460	476	496	514	536	560	582	611	630	656	680	709	739	772	800	841	877	912	943	978	1026	1072	1110	1162	1198	1250	1299	1341		
3	382	403	415	435	459	474	496	511	532	562	587	607	629	658	684	714	740	768	798	832	870	909	947	985	1028	1067	1112	1156	1198	1248	1294	1339	
4	379	400	413	431	455	470	490	506	530	552	579	601	626	660	689	715	748	770	800	835	866	913	951	988	1035	1070	1106	1155	1201	1247	1288	1332	
5	380	404	409	431	450	470	490	511	531	552	576	599	626	653	679	707	742	770	803	835	867	908	943	984	1033	1065	1106	1156	1194	1239	1288	1337	
6	378	392	405	422	446	461	484	505	529	549	574	599	626	650	681	710	737	770	799	835	868	909	938	977	1022	1065	1103	1150	1192	1243	1289	1335	
7	370	384	407	422	441	459	481	502	520	548	567	597	621	649	674	701	734	764	791	827	860	895	937	980	1016	1052	1099	1142	1190	1248	1291	1333	
8	374	388	405	420	449	459	482	497	518	541	566	589	619	641	672	695	728	763	790	820	854	889	929	971	1011	1061	1102	1145	1188	1244	1287	1328	
9	372	382	399	418	436	455	473	494	514	539	561	585	614	637	669	693	722	749	787	821	849	893	924	964	1010	1055	1095	1144	1189	1237	1286	1337	
10	367	382	399	411	432	451	470	494	512	534	557	585	605	626	654	683	712	742	767	807	841	876	913	949	986	1044	1043	1089	1132	1179	1227	1286	1334
11	360	375	392	407	423	444	467	489	510	534	554	581	606	634	657	683	715	748	774	813	845	887	921	958	993	1044	1083	1132	1179	1236	1285	1335	
12	357	374	390	403	427	444	463	476	500	521	543	575	595	622	647	673	703	736	763	801	834	874	909	951	995	1042	1085	1135	1181	1234	1282	1333	
13	356	370	380	398	418	438	459	476	495	518	543	568	590	616	637	666	698	731	758	789	824	868	908	935	982	1027	1069	1119	1167	1217	1273	1320	
14	347	358	375	392	408	424	447	464	487	506	533	552	577	601	630	653	687	720	743	775	815	849	888	925	966	1010	1050	1101	1141	1190	1243	1284	
15	340	355	370	392	401	424	437	454	476	493	517	539	564	584	614	643	669	699	730	767	796	832	869	906	949	989	1030	1070	1103	1144	1183	1216	
16	348	355	374	389	400	425	445	465	480	499	528	554	574	602	622	650	682	702	733	758	799	830	858	882	892	873	830	756	663	555			

Datos medido con MatrxX + MultiCube (CG): $DM_{ij}(86^\circ)$																																	
Detector <i>i</i>	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		378	390	407	422	440	459	478	499	519	541	563	587	612	638	666	694	724	754	786	819	851	883	915	942	966	984	1008	961	878	766		
15	370		384	400	417	437	455	474	494	514	537	559	583	607	633	661	688	719	749	782	816	850	887	923	961	996	1036	1064	1115	1155	1199	1234	1278
14	378	392	408		425	442	459	479	499	519	542	565	589	613	639	667	694	726	758	791	825	859	896	934	971	1009	1048	1088	1129	1167	1226	1266	1307
13	382	396	412	429		446	463	484	503	524	545	569	594	617	645	672	703	733	765	797	832	867	903	940	976	1016	1055	1094	1133	1179	1223	1262	1303
12	384	400	416	433	449		467	487	507	528	550	574	599	622	650	678	708	738	770	803	837	873	908	945	982	1019	1058	1099	1144	1189	1232	1262	1304
11	387	403	418	436	451	470		490	509	532	554	578	603	626	654	683	712	742	774	807	841	876	913	949	986	1021	1059	1100	1141	1183	1224	1262	1305
10	391	405	421	438	454	472	492		513	536	558	582	607	632	659	687	716	746	778	811	845	879	917	953	988	1025	1062	1101	1141	1183	1224	1262	1305
9	393	408	424	441	458	476	496	517		540	562	586	611	636	662	690	720	750	782	815	849	884	920	957	992	1030	1066	1104	1144	1183	1224	1262	1303
8	395	409	426	443	459	479	500	521	544		566	590	615	638	666	695	724	754	786	819	854	888	925	962	998	1036	1071	1108	1146	1184	1225	1265	1306
7	397	412	428	445	462	482	503	525	546	570		595	619	644	670	697	728	757	790	823	857	892	928	966	1003	1040	1076	1113	1150	1187	1227	1266	1307
6	399	413	429	446	465	485	506	528	551	575	599		624	649	675	702	730	759	792	825	859	894	932	969	1006	1044	1082	1119	1155	1190	1226	1265	1305
5	400	415	430	447	465	484	505	528	549	572	595	620		645	671	701	730	761	792	825	859	894	932	969	1006	1044	1082	1119	1155	1190	1226	1265	1305
4	400	415	430	447	465	486	507	528	549	572	596	621	645		672	703	732	762	794	825	858	894	932	969	1006	1043	1081	1116	1152	1186	1222	1259	1300
3	401	415	430	447	466	487	508	529	551	574	597	621	645	675		704	734	765	795	826	859	894	932	969	1006	1043	1081	1116	1152	1186	1222	1259	1300
2	401	415	430	447	466	487	508	529	551	574	597	621	645	675	704		734	765	795	826	859	894	932	969	1006	1043	1081	1116	1152	1186	1222	1259	1300
1	399	413	428	445	463	483	504	526	547	570	594	620	646	675	704	734		765	796	828	859	895	930	966	1003	1040	1074	1109	1144	1180	1216	1255	1296
16	378		394	410	427	444	461	479	497	515	534	553	572	592	611	631	651	671	691	711	731	751	771	791	811	831	851	871	891	911	931	951	971
15	370	384		397	413	429	445	462	479	496	513	531	549	567	585	603	621	639	657	675	693	711	729	747	765	783	801	819	837	855	873	891	909
14	378	392	408		425	442	459	476	493	510	528	546	564	582	600	618	636	654	672	690	708	726	744	762	780	798	816	834	852	870	888	906	924
13	382	396	412	428		446	463	480	497	514	531	549	567	585	603	621	639	657	675	693	711	729	747	765	783	801	819	837	855	873	891	909	927
12	384	400	416	432	448		466	483	500	517	534	551	568	585	602	619	636	653	670	687	704	721	738	755	772	789	806	823	840	857	874	891	908
11	387	403	419	435	451	467		485	502	519	536	553	570	587	604	621	638	655	672	689	706	723	740	757	774	791	808	825	842	859	876	893	910
10	391	405	421	437	453	469	485		503	520	537	554	571	588	605	622	639	656	673	690	707	724	741	758	775	792	809	826	843	860	877	894	911
9	393	408	424	441	458	475	492	509		526	543	560	577	594	611	628	645	662	679	696	713	730	747	764	781	798	815	832	849	866	883	899	916
8	395	409	426	443	459	479	499	519	540		562	587	612	638	666	696	726	757	790	824	858	895	932	971	1011	1050	1091	1134	1178	1221	1265	1310	
7	397	412	428	445	462	482	503	525	546	570		595	619	644	670	697	728	757	790	823	857	892	928	966	1003	1040	1076	1113	1150	1187	1227	1266	1307
6	399	413	429	446	465	485	506	528	551	575	599		624	649	675	702	730	759	792	825	859	894	932	969	1006	1044	1082	1119	1155	1190	1226	1265	1305
5	400	415	430	447	465	484	505	528	549	572	595	620		645	671	701	730	761	792	825	859	894	932	969	1006	1044	1082	1119	1155	1190	1226	1265	1305
4	400	415	430	447	465	486	507	528	549	572	596	621	645		672	703	732	762	794	825	858	894	932	969	1006	1043	1081	1116	1152	1186	1222	1259	1300
3	401	415	430	447	466	487	508	529	551	574	597	621	645	675		704	734	765	795	826	859	894	932	969	1006	1043	1081	1116	1152	1186	1222	1259	1300
2	401	415	430	447	466	487	508	529	551	574	597	621	645	675	704		734	765	795	826	859	894	932	969	1006	1043	1081	1116	1152	1186	1222	1259	1300
1	399	413	428	445	463	483	504	526	547	570	594	620	646	675	704	734		765	796	828	859	895	930	966	1003	1040	1074	1109	1144	1180	1216	1255	1296
16	378		394	410	427	444	461	479	497	515	534	553	572	592	611	631	651	671	691	711	731	751	771	791	811	831	851	871	891	911	931	951	971
15	370	384		397	413	429	445	462	479	496	513	531	549	567	585	603	621	639	657	675	693	711	729	747	765	783	801	819	837	855	873	891	909
14	378	392	408		425	442	459	476	493	510	528	546	564	582	600	618	636	654	672	690	708	726	744	762	780	798	816	834	852	870	888	906	924
13	382	396	412	428		446	463	480	497	514	531	549	567	585	603	621	639	657	675	693	711	729	747	765	783	801	819	837	855	873	891	909	927
12	384	400	416	432	448		466	483	500	517	534	551	568	585	602	619	636	653	670	687	704	721	738	755	772	789	806	823	840	857	874	891	908
11	387	403	419	435	451	467		485	502	519	536	553	570	587	604	621	638	655	672	689	706	723	740	757	774	791	808	825	842	859	876	893	910
10	391	405	421	437	453	469	485		503	520	537	554	571	588	605	622	639	656	673	690	707	724	741	758	775	792	809	826	843	860	877	894	911
9	393	408	424	441	458	475	492	509		526	543	560	577	594	611	628	645	662	679	696	713	730	747	764	781	798	815	832	849	866	883	899	916
8	395	409	426	443	459	479	499	519	540		562	587	612	638	666	696	726	757	790	824	858	895	932	971	1011	1050	1091	1134	1178	1221	1265	1310	
7	397	412	428	445	462	482	503	525	546	570		595	619	644	670	697	728	757	790	823	857	892	928	966	1003	1040	1076	1113	1150	1187	1227	1266	1307
6	399	413	429	446	465	485	506	528	551	575	599		624	649	675	702	730	759	792	825	859	894	932	969	1006	1044	1082	1119	1155	1190	1226	1265	1305
5	400	415	430	447	465	484	505	528	549	572	595	620		645	671	701	730	761	792	825	859	894	932	969	1006	1044	1082	1119	1155	1190	1226	1265	1305
4	400																																

$FC_{ij}(87^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(87^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	35	35	37	38	40	41	42	43	43	45	48	50	52	54	58	61	64
15	35	35	36	38	40	41	41	43	44	45	46	48	49	51	53	56	59
14	35	35	37	38	40	41	42	44	44	46	47	50	51	51	53	56	59
13	35	34	37	38	40	41	42	44	45	46	48	50	51	52	55	58	61
12	36	34	37	39	40	42	43	45	46	48	50	52	53	55	58	61	64
11	36	35	38	39	41	42	43	45	46	49	51	53	54	56	58	61	64
10	36	36	38	40	42	43	45	47	50	51	52	54	56	58	61	64	67
9	37	37	38	39	42	43	45	48	50	52	54	57	59	61	64	67	69
8	37	37	38	40	42	43	45	48	50	52	54	57	59	61	64	67	69
7	37	37	39	40	42	44	46	47	49	52	54	57	59	62	64	67	70
6	38	39	40	42	44	45	47	49	50	53	55	57	58	60	62	65	67
5	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
4	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
3	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
2	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
1	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
16	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
15	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
14	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
13	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
12	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
11	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
10	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
9	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
8	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
7	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
6	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
5	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
4	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
3	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
2	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67
1	38	39	41	43	45	46	48	49	51	53	55	57	58	60	63	65	67

		Dosis medida con Matr-XX + Mu hCub (cGy): $DM_{ij}(87^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	38	38	39	41	43	44	46	46	46	50	57	52	55	59	62	61	67
15	37	38	39	40	41	43	44	45	47	49	51	53	56	60	63	66	69
14	37	37	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
13	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
12	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
11	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
10	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
9	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
8	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
7	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
6	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
5	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
4	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
3	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
2	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
1	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
16	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
15	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
14	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
13	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
12	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
11	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
10	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
9	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
8	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
7	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
6	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
5	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
4	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
3	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
2	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67
1	38	38	39	40	42	43	45	46	48	50	52	54	56	59	61	64	67

		Factores de corrección: $FC_{ij}(87^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	0.9533	0.9534	0.9429	0.9402	0.9412	0.9408	0.9372	0.9319	0.9355	0.9334	0.9406	0.9375	0.9603	0.9507	0.9483	0.9423	0.9554
15	0.9533	0.9534	0.9429	0.9402	0.9412	0.9408	0.9372	0.9319	0.9355	0.9334	0.9406	0.9375	0.9603	0.9507	0.9483	0.9423	0.9554
14	0.9413	0.9407	0.9404	0.9411	0.9406	0.9502	0.9634	0.9533	0.9578	0.9484	0.9601	0.9519	0.9498	0.9526	0.9534	0.9655	0.9481
13	0.9293	0.9368	0.9462	0.9387	0.9434	0.9501	0.9619	0.9623	0.9558	0.9614	0.9551	0.9608	0.9505	0.9520	0.9421	0.9489	0.9487
12	0.9401	0.9310	0.9589	0.9346	0.9525	0.9444	0.9509	0.9529	0.9578	0.9513	0.9614	0.9580	0.9495	0.9528	0.9546	0.9529	0.9650
11	0.9335	0.9382	0.9314	0.9389	0.9498	0.9545	0.9496	0.9578	0.9530	0.9426	0.9418	0.9539	0.9450	0.9531	0.9434	0.9556	0.9519
10	0.9374	0.9536	0.9490	0.9632	0.9580	0.9472	0.9561	0.9639	0.9601	0.9630	0.9637	0.9576	0.9577	0.9477	0.9504	0.9630	0.9431
9	0.9413	0.9405	0.9413	0.9492	0.9535	0.9499	0.9563	0.9533	0.9581	0.9605	0.9644	0.9549	0.9580	0.9622	0.9569	0.9527	0.9591
8	0.9478	0.9553	0.9480	0.9522	0.9572	0.9488	0.9443	0.9343	0.9486	0.9471	0.9460	0.9500	0.9586	0.9511	0.9557	0.9538	0.9605
7	0.9386	0.9454	0.9484	0.9524	0.9467	0.9478	0.9385	0.9445	0.9533	0.9529	0.9502	0.9569	0.9622	0.9543	0.9582	0.9539	0.9563
6	0.9470	0.9398	0.9501	0.9600	0.9605	0.9601	0.9548	0.9611	0.9601	0.9587	0.9606	0.9632	0.9583	0.9552	0.9618	0.9515	0.9637
5	0.9486	0.9379	0.9480	0.9502	0.9563	0.9621	0.9585	0.9640	0.9525	0.9615	0.9537	0.9579	0.9570	0.9529	0.9477	0.9534	0.9608
4	0.9371	0.9438	0.9575	0.9622	0.9609	0.9554	0.9548	0.9528	0.9533	0.9519	0.9480	0.9583	0.9549	0.9598	0.9558	0.9559	0.9571
3	0.9534	0.9567	0.9568	0.9599	0.9495	0.9505	0.9460	0.9502	0.9672	0.9634	0.9661	0.9674	0.9644	0.9601	0.9673	0.9531	0.9517
2	0.9513	0.9526	0.9536	0.9550	0.9531	0.9478	0.9466	0.9442	0.9558	0.9628	0.9575	0.9673	0.9735	0.9622	0.9649	0.9540	0.9630
1	0.9574	0.9580	0.9726	0.9578	0.9562	0.9560	0.9604	0.9560	0.9611	0.9625	0.9610	0.9603	0.9608	0.9549	0.9571	0.9606	0.9542
0	0.9664	0.9446	0.9614	0.9597	0.9611	0.9582	0.9617	0.9487	0.9587	0.9637	0.9618	0.9566	0.9678	0.9563	0.9581	0.9555	0.9537
16	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643	0.9643
15	0.9581	0.9467	0.9536	0.9570	0.9570	0.9551	0.9608	0.9578	0.9531	0.9561	0.9577	0.9736	0.9736	0.9736	0.9736	0.9736	0.9736
14	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
13	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
12	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
11	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
10	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
9	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
8	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
7	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
6	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
5	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
4	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
3	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
2	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
1	0.9549	0.9500	0.9509	0.9465	0.9511	0.9538	0.9452	0.9507	0.9532	0.9609	0.9643	0.9618	0.9612	0.9551	0.9609	0.9544	0.9520
16	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
15	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
14	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
13	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
12	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
11	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
10	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
9	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
8	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
7	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
6	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
5	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
4	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
3	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
2	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274
1	0.9141	0.9060	0.9138	0.9165	0.9386	0.9362	0.9376	0.9355	0.9432	0.9221	0.9432	0.9212	0.9277	0.9401	0.9282	0.9327	0.9274

$FC_{ij}(88^\circ)$

Detector _i	Dosis calculada con TYS (cGd; [D ₀ × 10 ³])																								
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
16	35.3	38.6	38.7	40.1	41.9	44.0	45.7	48.0	50.1	52.3	55.1	56.9	59.8	62.2	65.9	68.9	72.0	74.8	78.0	80.9	83.8	87.7	91.2	95.9	99.9
17	34.0	37.4	37.5	39.0	40.8	42.9	44.9	48.8	47.7	49.8	52.2	54.8	57.5	60.2	63.9	66.9	70.0	72.8	75.7	78.6	81.5	84.4	87.3	90.2	93.1
18	34.2	37.1	38.0	40.0	41.9	44.2	45.9	48.1	49.9	52.2	54.6	56.9	59.4	61.9	64.7	67.7	70.4	73.4	76.8	80.3	84.0	87.5	90.9	94.7	98.6
19	36.3	37.6	39.1	40.7	42.1	44.3	46.5	48.7	50.6	52.9	54.9	57.9	60.6	62.6	65.5	68.9	71.6	74.0	76.4	78.4	81.4	84.8	88.7	92.3	96.1
20	37.7	39.6	41.5	43.0	44.5	46.7	48.6	50.9	52.9	55.2	57.4	59.7	62.1	64.4	66.7	69.1	71.6	74.0	76.4	78.6	80.6	82.6	84.6	86.6	88.6
21	36.6	38.0	39.8	41.3	43.6	45.3	47.6	49.6	51.9	54.3	56.2	59.0	61.0	63.4	66.9	70.3	73.4	76.9	80.6	82.8	86.7	90.2	93.8	97.7	102.0
22	37.0	38.8	40.3	42.3	44.3	46.4	49.4	50.2	52.4	54.9	57.4	60.0	61.8	65.2	67.4	70.0	73.5	76.4	79.0	82.2	86.3	90.7	94.2	98.4	102.6
23	36.9	38.7	40.5	42.3	44.1	45.8	47.7	50.0	51.7	55.2	56.8	59.9	61.8	64.7	67.5	69.9	73.4	76.7	80.1	83.5	86.6	90.8	95.2	98.8	103.3
24	39.1	40.8	42.5	44.2	46.0	47.8	49.6	51.4	53.2	55.0	56.8	58.6	60.4	62.2	64.0	65.8	67.6	69.4	71.2	73.0	74.8	76.6	78.4	80.2	82.0
25	37.8	39.2	41.0	42.7	44.6	46.6	48.3	50.5	52.8	55.1	56.9	60.0	62.3	65.2	68.5	70.9	74.4	77.4	80.3	83.4	87.4	91.2	94.7	98.4	102.7
26	37.9	39.4	41.4	42.4	45.0	46.7	49.1	51.1	52.8	55.1	57.4	59.6	62.0	65.0	67.6	71.1	73.7	76.8	80.0	83.5	87.4	91.2	95.7	98.7	103.2
27	39.8	41.0	43.2	45.0	46.8	48.6	50.4	52.2	54.0	55.8	57.6	59.4	61.2	63.0	64.8	66.6	68.4	70.2	72.0	73.8	75.6	77.4	79.2	81.0	82.8
28	38.6	39.9	41.6	43.6	45.1	47.5	49.3	51.1	53.5	56.1	58.6	60.8	62.6	65.5	68.9	71.5	74.8	78.3	81.1	84.6	87.6	91.3	95.2	99.7	103.8
29	38.6	40.1	41.8	43.9	45.1	47.3	49.3	51.2	53.4	55.9	58.5	60.9	63.6	66.2	68.5	72.2	75.2	78.5	81.6	84.3	87.8	91.4	94.8	98.9	103.0
30	39.9	41.7	43.7	45.7	47.7	49.7	51.7	53.7	55.7	57.7	59.7	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.7	75.7	77.7	79.7	81.7	83.7	85.7	87.7
31	38.5	40.0	41.7	43.7	45.6	47.3	49.6	50.8	53.6	56.6	58.4	60.9	63.2	65.8	68.5	71.6	74.8	77.8	81.2	84.5	87.5	91.4	95.5	99.0	103.4
32	38.4	39.8	41.5	43.7	45.3	47.2	49.4	51.6	53.7	55.6	58.2	60.6	63.4	65.8	68.3	71.4	74.8	78.2	80.9	83.7	87.2	92.0	95.9	99.1	103.2
33	39.8	41.6	43.7	45.7	47.7	49.7	51.7	53.7	55.7	57.7	59.7	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.7	75.7	77.7	79.7	81.7	83.7	85.7	87.7
34	38.9	40.4	41.8	43.9	45.6	47.4	49.3	51.2	53.6	55.8	58.4	60.8	64.0	66.3	69.2	72.3	75.2	78.5	80.8	84.8	87.8	91.8	96.0	99.2	103.6
35	38.7	40.3	41.6	43.5	45.7	47.1	49.3	51.1	53.5	55.5	57.8	60.2	62.5	65.3	68.2	71.2	73.9	77.4	80.1	83.5	86.7	91.4	95.5	98.9	103.3
36	37.7	39.5	40.9	42.9	44.8	47.1	48.7	51.1	53.3	55.3	57.6	60.4	62.4	65.5	67.9	71.6	74.4	77.4	80.6	84.1	87.2	91.3	94.2	98.2	102.7
37	39.3	41.0	42.7	44.7	46.7	48.7	50.7	52.7	54.7	56.7	58.7	60.7	62.7	64.7	66.7	68.7	70.7	72.7	74.7	76.7	78.7	80.7	82.7	84.7	86.7
38	37.7	39.0	40.4	42.7	43.7	46.3	48.1	50.1	52.3	54.9	56.6	59.9	62.5	64.4	67.7	70.1	73.7	76.8	79.4	82.6	86.0	89.7	93.0	97.3	102.0
39	37.4	38.5	40.4	42.0	43.8	45.8	48.2	49.7	52.1	54.4	56.8	59.1	62.0	64.4	67.0	69.9	73.9	76.7	79.2	82.7	86.1	90.0	93.8	97.5	101.9
40	37.7	38.7	40.4	41.8	43.7	45.5	47.7	49.1	51.9	54.0	56.3	58.6	61.1	63.6	66.4	69.1	72.6	75.9	79.6	82.6	85.9	89.8	93.7	97.3	101.9
41	36.5	38.1	39.9	41.4	43.6	45.3	47.6	49.2	51.3	53.8	56.1	58.6	61.3	63.6	66.4	69.5	71.9	75.2	78.6	81.6	84.5	89.1	93.0	97.5	101.6
42	36.2	38.1	41.1	43.3	45.1	47.3	49.0	50.7	52.9	55.3	58.4	60.1	63.1	65.7	68.8	72.1	74.9	77.9	82.4	85.3	89.0	92.4	96.8	100.8	104.8
43	37.1	38.2	39.9	41.4	43.6	45.2	47.4	49.2	51.4	53.6	56.0	58.2	60.6	63.0	65.4	67.8	70.2	72.6	75.0	77.4	80.0	82.6	85.2	87.8	90.4
44	35.2	37.1	38.5	40.1	42.2	43.6	45.5	47.5	49.3	51.2	54.0	56.5	59.3	61.8	64.2	67.0	70.5	73.3	76.5	79.3	83.0	86.8	90.7	94.5	98.8
45	34.4	35.8	37.6	39.5	41.4	43.1	44.2	46.4	48.4	50.9	53.4	55.9	57.6	60.6	63.4	66.3	69.1	72.6	74.9	78.3	82.1	85.2	89.4	92.6	97.2
46	35.4	37.0	39.1	41.8	43.9	45.8	47.7	49.6	51.5	53.4	55.3	57.2	59.1	61.0	62.9	64.8	66.7	68.6	70.5	72.4	74.3	76.2	78.1	80.0	81.9
47	34.8	35.8	37.2	39.6	41.2	42.5	44.8	46.5	48.9	50.3	52.7	55.0	57.6	60.1	62.2	65.2	68.0	71.0	73.8	76.3	79.9	83.4	86.6	90.1	93.7

Dens media con MathX+ MathCde (+Gp.) DM(88)...																																
Detector _i	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
16	38.9	40.5	41.0	42.5	44.2	46.1	47.9	49.9	51.9	54.0	56.2	58.5	60.7	63.2	65.6	68.1	70.7	73.2	76.0	78.8	81.6	84.6	87.4	90.2	92.5	94.9	96.4	96.7	93.8	85.9	75.0	
15	38.5	40.1	41.7	43.7	45.7	47.6	49.6	51.7	53.7	55.7	57.7	59.7	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.7	75.7	77.7	79.7	81.7	83.7	85.7	87.7	89.7	90.1	91.1	91.8	122.8	
14	38.9	40.3	42.2	43.7	45.5	47.4	49.3	51.3	53.5	55.6	57.9	60.2	62.6	65.1	67.7	70.3	73.1	76.0	78.8	82.0	85.0	88.0	91.5	94.7	98.1	101.7	105.4	104.9	113.4	117.7	121.8	126.8
13	39.2	40.7	42.4	44.2	45.9	47.8	49.7	51.8	53.9	56.0	58.3	60.7	63.0	65.6	68.4	71.1	74.0	76.9	79.9	82.9	86.0	89.3	92.5	96.0	99.4	103.1	107.0	109.9	115.1	119.4	123.5	128.6
12	41.0	42.8	45.0	47.2	49.4	51.6	53.8	56.0	58.2	60.4	62.6	64.8	67.0	69.2	71.4	73.6	75.8	78.0	80.2	82.4	84.6	86.8	89.0	91.2	93.4	95.6	97.8	99.9	101.9	103.9	105.9	107.9
11	39.7	41.4	43.1	44.8	46.5	48.4	50.4	52.5	54.5	56.8	59.2	61.6	64.1	66.7	69.4	72.3	75.2	78.0	81.0	84.0	87.2	90.3	93.6	97.0	100.5	104.1	108.2	112.1	116.3	120.6	124.5	129.1
10	40.1	41.6	43.3	45.0	46.7	48.7	50.6	52.7	54.7	57.2	59.6	62.0	64.5	67.2	69.9	72.7	75.6	78.4	81.3	84.4	87.4	90.7	94.0	97.4	100.7	104.4	108.3	112.4	116.4	120.6	124.6	129.1
9	41.8	43.5	45.8	48.0	50.2	52.4	54.6	56.8	59.0	61.2	63.4	65.6	67.8	69.9	72.1	74.2	76.3	78.4	80.5	82.6	84.7	86.8	88.9	91.0	93.1	95.2	97.3	99.4	101.5	103.6	105.7	107.8
8	40.5	42.0	43.7	45.4	47.1	49.1	51.2	53.4	55.6	57.8	60.3	62.8	65.1	67.7	70.5	73.2	76.1	79.0	81.8	85.1	88.1	91.5	94.9	98.1	101.7	105.2	108.7	112.6	116.5	120.7	124.8	129.9
7	40.6	42.0	43.8	45.5	47.2	49.3	51.4	53.6	55.9	58.1	60.6	62.9	65.3	68.0	70.7	73.5	76.3	79.2	82.2	85.3	88.6	92.0	95.4	98.8	102.3	105.8	109.4	112.9	116.8	121.0	124.9	129.3
6	40.6	42.2	43.8	45.7	47.4	49.5	51.5	53.8	56.0	58.3	60.6	62.9	65.3	68.0	70.7	73.5	76.3	79.2	82.2	85.3	88.6	92.0	95.4	98.8	102.3	105.8	109.4	112.9	116.8	121.0	124.9	129.3
5	40.6	42.2	43.8	45.7	47.4	49.5	51.5	53.8	56.0	58.3	60.6	62.9	65.3	68.0	70.7	73.5	76.3	79.2	82.2	85.3	88.6	92.0	95.4	98.8	102.3	105.8	109.4	112.9	116.8	121.0	124.9	129.3
4	40.8	42.3	44.0	45.8	47.6	49.7	51.8	54.0	56.2	58.6	60.9	63.4	65.9	68.5	71.1	74.3	77.3	80.1	83.1	86.3	89.4	92.9	96.3	99.7	103.2	106.6	110.0	113.4	116.9	120.8	124.9	129.2
3	41.1	42.5	44.2	46.1	47.9	49.9	52.1	54.3	56.5	58.7	61.2	63.7	66.2	68.8	71.8	74.6	77.5	80.5	83.5	86.4	89.5	92.9	96.2	99.6	103.1	106.5	109.8	113.0	116.5	120.5	124.4	128.7
2	42.7	44.4	46.1	48.0	49.9	51.9	54.0	56.1	58.2	60.3	62.4	64.5	66.6	68.7	70.8	72.9	75.0	77.1	79.2	81.3	83.4	85.5	87.6	89.7	91.8	93.9	96.0	98.1	100.2	102.3	104.4	106.5
1	41.4	42.9	44.6	46.6	48.3	50.2	52.6	54.7	56.9	59.1	61.6	64.2	66.7	69.4	72.4	75.4	78.2	80.9	83.8	86.8	89.8	93.0	96.2	99.6	103.0	106.2	109.5	112.9	116.3	120.1	124.0	128.5
0	41.2	42.8	44.4	46.2	48.0	50.4	52.3	54.7	56.8	59.1	61.5	64.2	66.9	69.7	72.6	75.4	78.3	81.0	84.0	86.9	89.9	93.0	96.3	99.6	103.0	106.2	109.5	112.9	116.4	119.9	124.0	128.3
16	42.7	44.2	45.9	47.6	49.3	51.0	52.7	54.4	56.1	57.8	59.5	61.2	62.9	64.6	66.3	68.0	69.7	71.4	73.1	74.8	76.5	78.2	79.9	81.6	83.3	85.0	86.7	88.4	90.1	91.8	93.5	95.2
15	41.0	42.5	44.1	45.9	47.9	50.0	52.2	54.4	56.6	58.9	61.3	63.8	66.6	69.3	72.2	75.2	78.0	80.9	83.9	86.9	90.0	93.3	96.6	100.0	103.5	106.7	110.1	113.5	117.1	120.8	124.8	129.2
14	40.7	42.3	44.0	45.8	47.6	49.7	51.9	54.2	56.6	58.9	61.2	63.7	66.3	69.0	71.9	74.8	77.8	80.8	83.8	86.8	89.9	93.2	96.4	99.8	103.4	107.0	110.7	114.2	117.7	121.5	125.5	129.8
13	40.7	42.3	44.0	45.8	47.6	49.7	51.9	54.2	56.6	58.9	61.2	63.7	66.3	69.0	71.9	74.8	77.8	80.8	83.8	86.8	89.9	93.2	96.4	99.8	103.4	107.0	110.7	114.2	117.7	121.5	125.5	129.8
12	40.7	42.3	44.0	45.8	47.6	49.7	51.9	54.2	56.6	58.9	61.2	63.7	66.3	69.0	71.9	74.8	77.8	80.8	83.8	86.8	89.9	93.2	96.4	99.8	103.4	107.0	110.7	114.2	117.7	121.5	125.5	129.8
11	40.7	42.3	44.0	45.8	47.6	49.7	51.9	54.2	56.6	58.9	61.2	63.7	66.3	69.0	71.9	74.8	77.8	80.8	83.8	86.8	89.9	93.2	96.4	99.8	103.4	107.0	110.7	114.2	117.7	121.5	125.5	129.8
10	40.7	42.3	44.0	45.8	47.6	49.7	51.9	54.2	56.6	58.9	61.2	63.7	66.3	69.0	71.9	74.8	77.8	80.8	83.8	86.8	89.9	93.2	96.4	99.8	103.4	107.0	110.7	114.2	117.7	121.5	125.5	129.8
9	40.7	42.3	44.0	45.8	47.6	49.7	51.9	54.2	56.6	58.9	61.2	63.7	66.3	69.0	71.9	74.8	77.8	80.8	83.8	86.8	89.9	93.2	96.4	99.8	103.4	107.0	110.7	114.2	117.7	121.5	125.5	129.8
8	40.2	41.8	43.5	45.3	47.2	49.3	51.4	53.6	56.0	58.3	60.7	63.3	65.9	68.5	71.3	74.1	77.1	80.1	83.3	86.5	89.8	93.2	96.6	100.1	103.6	107.1	110.5	114.2	118.1	122.0	126.1	130.5
7	40.2	41.8	43.5	45.2	47.1	49.1	51.2	53.2	55.6	57.9	60.4	62.9	65.5	68.1	70.9	73.7	76.6	79.7	82.6	85.9	89.1	92.5	96.0	99.7	103.3	106.6	110.3	113.8	117.7	121.8	125.8	130.2
6	39.9	41.5	43.3	45.0	46.7	48.8	50.8	53.0	55.2	57.6	60.0	62.6	65.3	67.9	70.5	73.3	76.2	79.1	82.2	85.3	88.6	91.9	95.3	98.8	102.4	106.0	109.8	113.4	117.6	121.6	125.5	130.0
5	39.7	41.2	42.9	44.6	46.4	48.6	50.8	53.2	55.6	58.0	60.4	62.9	65.4	67.9	70.4	72.9	75.4	78.0	80.6	83.2	85.8	88.4	91.0	93.6	96.2	98.8	101.4	104.0	106.6	109.2	111.8	114.4
4	39.4	41.0	42.7	44.4	46.2	48.0	50.1	52.2	54.4	56.8	59.2	61.6	64.5	67.1	69.8	72.7	75.4	78.4	81.4	84.4	87.6	91.0	94.4	97.9	101.4	105.2	109.1	113.3	117.5	121.6	125.7	130.1
3	39.0	40.7	42.4	44.1	45.9	47.9	49.9	51.8	54.0	56.3	61.3	63.9	66.6	69.3	72.2	75.0	77.9	80.9	84.0	87.2	90.4	93.8	97.4	101.0	104.9	109.0	113.0	117.2	121.8	125.7	130.1	
2	39.0	40.7	42.4	44.1	45.9	47.9	49.9	51.8	54.0	56.3	61.3	63.9	66.6	69.3	72.2	75.0	77.9	80.9	84.0	87.2	90.4	93.8	97.4	101.0	104.9	109.0	113.0	117.2	121.8	125.7	130.1	
1	38.4	39.8	41.6	43.3	45.2	47.0	49.1	51.0	53.1	55.3	57.7	60.0	62.8	65.3	68.0	70.9	73.9	76.7	79.7	82.9	86.0	89.4	92.7	96.3	100.0	103.7	107.7	112.0	116.3	120.6	124.6	129.2
16	37.8	39.4	41.2	42.9	44.6	46.6	48.5	50.5	52.6	54.8	57.2	59.5	62.0	64.5	67.1	69.9	72.7	75.7	78.7	82.0	85.3	88.5	91.7	95.3	98.8	102.4	106.4	110.5	114.8	119.3	123.2	127.5
15	37.6	39.2	41.0	42.8	44.6	46.6	48.7	50.8	52.9	55.1	57.4	59.7	62.1	64.5	67.0	69.6	72.2	75.2	78.2	81.3	84.5	87.7	90.9	94.2	97.6	101.1	105.1	109.1	113.2	117.3	121.5	125.9
14	38.5	39.9	41.4	43.2	45.0	47.0	48.8	50.9	53.0	55.3	57.6	60.0	62.4	64.9	67.6	70.2	72.8	75.7	78.7	81.8	85.0	88.1	91.2	94.2	97.4	100.4	103.2	105.8	107.5	107.4		

Factores de corrección: FC (188°)

Detector _i	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	0.8972	0.9033	0.9086	0.9114	0.9148	0.9188	0.9235	0.9285	0.9341	0.9407	0.9483	0.9572	0.9670	0.9788	0.9913	0.9943	0.9986
2	0.9019	0.9047	0.9073	0.9100	0.9131	0.9166	0.9205	0.9249	0.9298	0.9353	0.9414	0.9481	0.9559	0.9647	0.9743	0.9852	0.9969
3	0.9053	0.9083	0.9082	0.9122	0.9171	0.9235	0.9308	0.9431	0.9519	0.9599	0.9655	0.9722	0.9801	0.9888	0.9978	0.9984	0.9996
4	0.9278	0.9281	0.9254	0.9145	0.9114	0.9204	0.9322	0.9454	0.9525	0.9589	0.9637	0.9677	0.9707	0.9738	0.9768	0.9798	0.9828
5	0.9132	0.9121	0.9124	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114	0.9114
6	0.9419	0.9079	0.9164	0.9225	0.9331	0.9539	0.9424	0.9413	0.9447	0.9387	0.9350	0.9462	0.9383	0.9496	0.9462	0.9637	0.9675
7	0.9234	0.9274	0.9282	0.9111	0.9221	0.9288	0.9266	0.9432	0.9433	0.9432	0.9527	0.9547	0.9563	0.9610	0.9588	0.9592	0.9645
8	0.9229	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234	0.9234
9	0.9471	0.9274	0.9283	0.9555	0.9512	0.9421	0.9385	0.9529	0.9533	0.9533	0.9517	0.9547	0.9540	0.9547	0.9583	0.9448	0.9501
10	0.9284	0.9284	0.9334	0.9313	0.9394	0.9384	0.9322	0.9361	0.9471	0.9470	0.9272	0.9462	0.9524	0.9553	0.9567	0.9588	0.9671
11	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395	0.9395
12	0.9588	0.9582	0.9404	0.9386	0.9511	0.9364	0.9466	0.9397	0.9490	0.9479	0.9381	0.9439	0.9458	0.9485	0.9486	0.9508	0.9614
13	0.9487	0.9471	0.9412	0.9412	0.9417	0.9414	0.9469	0.9440	0.9357	0.9481	0.9538	0.9532	0.9512	0.9392	0.9433	0.9576	0.9595
14	0.9381	0.9439	0.9453	0.9459	0.9318	0.9405	0.9358	0.9505	0.9397	0.9490	0.9496	0.9563	0.9598	0.9519	0.9521	0.9573	0.9591
15	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258	0.9258
16	0.9314	0.9259	0.9328	0.9297	0.9357	0.9351	0.9373	0.9249	0.9365	0.9505	0.9557	0.9418	0.9461	0.9439	0.9391	0.9410	0.9457
17	0.9291	0.9210	0.9294	0.9313	0.9360	0.9275	0.9362	0.9355	0.9385	0.9401	0.9376	0.9364	0.9363	0.9336	0.9367	0.9474	0.9571
18	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345	0.9345
19	0.9453	0.9451	0.9430	0.9485	0.9409	0.9410	0.9312	0.9313	0.9354	0.9422	0.9480	0.9473	0.9558	0.9509	0.9510	0.9538	0.9524
20	0.9650	0.9498	0.9478	0.9415	0.9545	0.9589	0.9389	0.9403	0.9373	0.9457	0.9515	0.9445	0.9420	0.9403	0.9442	0.9468	0.9493
21	0.9713	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687	0.9687
22	0.9810	0.9430	0.9405	0.9416	0.9406	0.9361	0.9466	0.9256	0.9282	0.9274	0.9300	0.9442	0.9481	0.9537	0.9484	0.9568	0.9633
23	0.9440	0.9667	0.9264	0.9445	0.9233	0.9232	0.9273	0.9434	0.9356	0.9420	0.9342	0.9504	0.9561	0.9504	0.9609	0.9577	0.9614
24	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297	0.9297
25	0.9480	0.9474	0.9427	0.9360	0.9380	0.9315	0.9277	0.9312	0.9341	0.9353	0.9408	0.9357	0.9421	0.9456	0.9475	0.9535	0.9556
26	0.9295	0.9256	0.9403	0.9351	0.9426	0.9403	0.9505	0.9531	0.9436	0.9394	0.9429	0.9388	0.9527	0.9478	0.9560	0.9555	0.9515
27	0.9371	0.9387	0.9280	0.9353	0.9408	0.9401	0.9407	0.9342	0.9369	0.9542	0.9399	0.9484	0.9389	0.9443	0.9519	0.9572	0.9588
28	0.9435	0.9312	0.9310	0.9340	0.9323	0.9367	0.9407	0.9347	0.9358	0.9315	0.9349	0.9405	0.9425	0.9407	0.9415	0.9473	0.9554
29	0.9243	0.9237	0.9230	0.9227	0.9476	0.9313	0.9311	0.9376	0.9332	0.9409	0.9417	0.9399	0.9440	0.9486	0.9435	0.9446	0.9511
30	0.9151	0.9148	0.9255	0.9308	0.9229	0.9218	0.9217	0.9210	0.9211	0.9302	0.9343	0.9447	0.9287	0.9504	0.9498	0.9502	0.9588
31	0.9229	0.9219	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247
32	0.9058	0.9031	0.9018	0.9186	0.9267	0.9120	0.9294	0.9258	0.9299	0.9115	0.9100	0.9170	0.9273	0.9338	0.9258	0.9423	0.9387

$FC_{ij}(89^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(89^\circ)$																			
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
16		36.4	38.0	39.5	41.0	43.4	45.2	47.0	49.1	51.3	53.3	56.1	58.9	60.7	64.0	66.6	69.4	72.3	74.7	78.7	81.3
15	35.3		36.6	38.5	39.9	42.8	44.0	46.1	47.4	50.0	51.6	54.0	56.6	58.8	61.6	64.6	66.9	70.2	73.3	76.5	79.5
14	35.6	37.2		38.9	40.8	42.8	44.1	47.1	48.4	51.0	53.2	55.3	57.4	60.0	63.1	65.5	68.3	72.0	74.0	77.8	81.2
13	36.3	37.5	39.6		41.3	42.8	44.6	46.9	48.5	50.9	53.0	55.6	58.7	60.9	63.8	67.0	69.2	72.1	75.3	78.2	81.6
12	36.6	38.5	40.1	41.8		44.0	45.4	48.0	49.7	52.2	53.8	56.3	59.0	61.3	64.0	66.9	69.8	72.7	75.5	78.6	82.3
11	37.5	39.0	40.5	42.3	44.0		45.7	48.3	50.6	52.7	55.3	56.8	60.1	62.6	65.0	67.7	70.8	73.8	76.7	79.8	83.2
10	37.5	38.9	40.9	42.6	44.1	46.6		48.3	50.5	53.0	54.9	57.8	60.3	63.0	65.6	68.4	71.0	74.0	77.4	80.5	84.0
9	37.4	39.3	41.0	42.8	44.6	46.9	48.8		51.1	53.2	56.1	58.1	60.7	62.7	65.5	68.4	70.9	74.3	77.3	80.5	84.3
8	37.8	39.4	40.9	42.7	44.8	46.9	48.8	50.7		52.7	54.8	57.3	60.8	62.8	64.9	68.4	71.7	74.6	78.1	81.0	84.6
7	38.0	39.2	41.1	43.3	45.1	47.3	49.1	51.3	53.6		56.0	58.0	60.4	63.0	66.4	68.8	71.6	74.6	77.9	81.1	84.4
6	38.4	39.8	41.3	43.2	44.8	47.4	49.2	51.6	53.8	56.2		61.4	63.5	66.5	69.0	72.2	75.4	78.2	81.3	84.8	88.2
5	38.2	39.8	41.3	43.7	45.7	47.5	49.4	51.8	54.1	56.5	58.5		61.0	63.1	66.5	69.0	72.3	75.1	78.3	81.1	85.0
4	38.6	39.9	41.9	42.9	45.8	48.1	49.9	52.1	54.0	56.6	59.3	61.8		64.4	66.7	69.3	72.3	75.5	78.7	82.0	86.1
3	38.5	40.5	41.8	44.0	46.1	48.0	49.8	51.9	54.4	56.8	58.7	61.2	64.1		66.6	69.8	72.7	75.2	78.4	81.3	84.7
2	38.7	40.3	42.4	43.8	45.7	48.0	50.0	53.3	54.4	56.4	58.5	61.4	63.6	67.0		73.1	76.7	79.2	82.3	86.1	89.3
1	38.9	41.1	41.6	43.9	45.9	48.1	50.6	53.8	54.2	57.1	59.5	61.9	63.7	66.9	69.6		72.4	76.0	78.7	81.8	85.0
1	38.7	40.2	42.0	43.8	45.4	47.7	49.8	52.1	53.8	56.0	58.5	60.9	63.6	65.9	69.1	72.0	74.7	77.4	81.0	84.6	87.6
2	38.4	40.3	41.9	43.6	45.7	47.7	49.4	51.8	54.0	56.4	58.2	60.9	63.6	66.0	68.7	72.4	75.5	78.7	81.1	84.4	88.0
3	38.6	40.6	42.1	43.7	45.7	47.3	49.7	51.7	54.3	56.7	58.7	61.1	63.8	66.3	68.8	71.7	74.9	78.5	81.7	84.9	88.2
4	38.5	40.1	41.9	44.0	45.6	47.4	49.6	51.5	53.6	55.9	59.0	61.1	63.5	65.9	69.1	72.2	75.2	78.6	81.5	85.2	88.1
5	38.4	40.1	42.0	43.9	45.5	47.6	49.6	51.5	53.9	55.8	58.0	61.1	63.3	66.0	68.7	71.7	75.0	78.2	81.4	85.1	88.5
6	37.8	39.6	41.2	43.0	45.3	47.0	49.1	50.7	53.1	55.2	57.8	60.4	63.1	65.4	68.6	71.3	75.0	77.8	81.2	84.0	87.2
7	37.4	39.1	40.9	42.9	44.8	46.0	48.7	50.5	53.0	55.3	57.6	60.3	62.6	65.2	67.8	70.9	74.2	76.6	80.8	83.5	86.6
8	37.1	38.5	40.1	42.2	44.6	45.9	48.1	50.1	52.5	54.7	57.2	60.1	62.6	65.3	67.9	71.3	74.8	77.4	79.8	83.8	87.5
9	37.3	38.6	40.5	42.4	44.3	45.6	48.2	50.1	52.4	54.5	56.9	59.4	62.2	64.9	67.9	70.4	73.2	76.5	79.7	82.9	86.1
10	36.8	38.2	39.9	41.6	43.6	45.2	47.4	49.2	51.2	53.9	56.2	58.9	61.6	64.1	67.2	70.9	74.0	76.6	77.4	80.3	83.8
11	36.6	38.4	40.0	41.3	43.2	44.7	46.7	48.9	51.5	53.4	56.1	58.8	60.9	63.8	66.0	68.9	72.1	75.2	78.6	81.9	85.2
12	36.0	38.0	39.3	40.9	42.5	44.9	46.4	48.3	50.2	52.8	54.6	57.8	60.0	62.9	64.7	67.6	71.1	74.5	77.6	81.1	83.9
13	35.5	37.3	38.8	40.4	41.8	44.1	45.6	47.6	49.8	52.2	54.3	57.2	59.5	62.1	64.7	68.0	71.3	74.2	77.5	80.4	84.1
14	35.2	35.7	38.1	39.2	41.2	43.4	45.9	48.1	49.9	52.4	54.8	56.4	58.7	61.4	63.8	66.9	70.1	72.8	75.1	78.7	81.4
15	34.5	35.9	37.3	39.0	40.6	42.3	44.2	46.2	48.4	50.2	52.3	54.9	57.3	59.8	62.6	65.0	67.8	71.2	73.6	77.2	80.5
16	34.7	36.0	38.1	39.6	41.4	42.5	44.8	46.7	49.0	50.9	53.3	55.5	58.8	61.1	63.2	66.1	68.7	71.9	74.8	77.9	80.9

		Dosis medida con Matr-XX + Mu HCalc (cGy): $DM_{ij}(89^\circ)$																															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		40.0	41.4	42.9	44.4	46.1	47.9	49.8	51.7	53.6	55.9	57.9	60.1	62.4	64.7	67.0	69.5	72.0	74.7	77.4	80.1	82.8	85.6	88.7	91.7	94.8	97.9	101.0	104.1	107.2	110.3	113.4	116.5
15	39.1		40.7	42.0	43.5	45.1	46.9	48.7	50.7	52.6	54.7	56.9	59.0	61.2	63.4	65.9	68.2	70.8	73.4	76.3	79.2	82.2	85.2	88.5	91.6	94.7	98.1	101.7	105.5	109.4	113.5	117.9	122.1
14	39.5	40.8		42.5	44.0	45.7	47.5	49.4	51.4	53.4	55.5	57.7	59.8	62.0	64.3	66.8	69.2	72.0	74.7	77.6	80.5	83.7	86.8	90.0	93.3	96.6	100.3	104.2	108.2	112.5	116.8	120.9	125.6
13	39.7	41.2	42.9		44.6	46.2	47.9	49.9	51.8	53.9	55.9	58.1	60.1	62.5	64.8	67.4	70.1	72.9	75.6	78.7	81.7	84.8	88.0	91.3	94.6	98.1	101.7	105.5	109.4	113.5	117.9	122.1	
12	40.1	41.6	43.3	44.8		46.5	48.3	50.1	52.1	54.2	56.1	58.5	60.7	63.0	65.5	68.1	70.9	73.7	76.5	79.4	82.4	85.3	88.3	91.6	95.0	98.5	102.4	106.5	110.7	115.0	119.4	123.7	128.3
11	40.4	42.0	43.5	45.2	46.8		48.6	50.4	52.3	54.4	56.5	58.8	61.2	63.5	66.0	68.7	71.4	74.2	77.0	79.9	82.9	85.9	88.9	92.1	95.3	99.0	102.8	106.9	110.9	115.2	119.6	123.7	128.3
10	40.7	42.1	43.6	45.3	47.0	48.7		50.5	52.6	54.7	56.9	59.2	61.6	64.0	66.6	69.2	72.0	74.6	77.4	80.3	83.3	86.4	89.6	92.9	96.3	100.3	103.9	107.7	111.5	115.3	119.6	123.8	128.3
9	40.8	42.2	43.8	45.5	47.0	49.0	50.9		53.0	55.2	57.4	59.8	62.2	64.4	67.0	69.6	72.2	75.0	77.7	80.5	83.4	86.4	89.6	92.9	96.3	100.3	103.9	107.7	111.5	115.3	119.6	123.8	128.3
8	41.0	42.5	44.0	45.7	47.4	49.4	51.3	53.5		55.6	57.8	60.1	62.6	64.8	67.3	69.9	72.5	75.1	77.9	80.8	83.8	86.8	90.0	93.3	96.8	100.8	103.8	107.6	111.5	115.5	119.8	123.9	128.3
7	41.3	42.7	44.3	46.1	47.8	49.6	51.8	53.9	56.0		58.2	60.4	62.7	65.0	67.4	70.0	72.6	75.3	78.1	81.1	84.2	87.3	90.5	94.0	97.3	100.9	104.4	108.1	111.8	115.7	120.0	124.2	128.6
6	41.4	42.9	44.4	46.2	47.9	49.9	51.8	53.9	56.1	58.2		60.7	62.9	65.2	67.4	70.1	72.9	75.6	78.5	81.4	84.6	87.9	91.3	94.8	98.3	101.7	105.5	109.4	113.5	117.9	122.1	126.6	
5	41.4	42.9	44.4	46.1	47.8	49.8	51.8	53.9	56.0	58.3	60.5		62.9	65.2	67.8	70.4	73.1	75.9	78.8	81.8	85.0	88.1	91.4	94.8	98.3	102.4	106.5	110.9	115.4	120.0	124.3	128.9	133.7
4	41.3	42.7	44.3	46.0	47.8	49.8	51.8	53.9	56.1	58.3	60.7	63.0		65.3	67.9	70.7	73.5	76.4	79.2	82.1	85.2	88.3	91.7	95.0	98.5	102.4	106.5	110.9	115.4	120.0	124.3	128.9	133.7
3	41.4	42.9	44.4	46.2	48.1	50.0	52.2	54.3	56.4	58.7	61.1	63.4		65.7	68.4	71.0	73.8	76.6	79.4	82.5	85.6	88.7	91.9	95.3	98.9	102.8	106.9	111.0	115.4	120.0	124.3	128.9	133.7
2	42.0	43.4	44.9	46.9	48.7	50.7	52.7	54.9	57.0	59.2	61.6	64.0	66.4	69.0	71.8	74.6	77.3	80.0	82.9	85.7	88.7	92.0	95.5	98.8	101.7	105.1	108.5	111.8	115.4	119.2	123.7	127.7	132.7
1	42.6	44.0	45.7	47.5	49.4	51.2	53.4	55.5	57.5	59.8	62.0	64.4	66.8	69.4	72.2	75.1	77.8	80.4	83.1	86.0	88.9	92.0	95.1	98.3	101.7	105.1	108.3	111.8	115.4	119.1	123.1	127.6	132.6
1	42.7	44.2	45.6	47.3	49.4	51.3	53.6	55.7	57.7	59.9	62.3	64.7	67.2	69.7	72.5	75.3	78.0	80.7	83.3	86.1	88.9	92.0	95.1	98.3	101.7	105.1	108.3	111.8	115.4	119.1	123.1	127.6	132.6
2	42.5	43.9	45.3	47.3	49.1	51.1	53.1	55.5	57.5	59.6	62.0	64.4	67.0	69.5	72.2	75.0	77.7	80.5	83.3	86.1	88.9	92.2	95.3	98.7	102.0	105.2	108.7	112.1	115.6	119.5	123.4	127.8	132.8
3	41.8	43.3	44.8	46.5	48.5	50.5	52.6	54.8	57.0	59.1	61.6	63.9	66.5	69.1	71.8	74.7	77.4	80.3	83.1	86.1	89.1	92.2	95.5	98.9	102.2	105.6	109.1	112.6	116.1	120.0	124.1	128.5	133.0
4	41.2	42.7	44.3	46.1	47.8	50.0	52.1	54.3	56.5	58.6	61.2	63.5	66.0	68.7	71.4	74.3	77.2	80.0	83.0	86.1	89.1	92.5	95.7	99.2	102.6	106.0	109.5	113.1	116.9	120.7	124.7	129.3	133.9
5	41.2	42.7	44.3	46.2	47.7	49.6	51.7	53.9	56.0	58.3	60.6	63.0	65.4	67.9	70.7	73.4	76.3	79.2	82.2	85.3	88.7	92.1	95.5	98.9	102.4	106.0	109.5	113.3	117.2	121.3	125.4	129.9	134.5
6	41.2	42.6	44.2	45.9	47.7	49.6	51.6	53.6	55.9	58.2	60.4	62.7	65.2	67.7	70.3	73.0	75.7	78.8	81.6	84.8	87.9	91.4	94.8	98.5	101.8	105.5	109.2	112.9	116.9	120.9	125.1	129.6	134.2
7	40.8	42.3	43.9	45.6	47.3	49.4	51.3	53.5	55.6	57.8	60.3	62.6	65.1	67.6	70.2	72.9	75.6	78.4	81.2	84.5	87.7	91.0	94.3	97.6	101.0	104.6	108.2	111.9	115.7	119.6	123.5	127.5	131.6
8	40.4	41.8	43.5	45.1	46.9	49.0	50.9	53.0	55.2	57.3	59.8	62.2	64.8	67.3	69.8	72.5	75.2	77.9	80.8	83.8	87.0	90.3	93.7	97.2	100.7	104.4	108.3	112.4	116.5	120.8	124.8	129.4	134.0
9	40.0	41.6	43.1	44.8	46.5	48.3	50.4	52.5	54.7	57.0	59.4	61.8	64.3	66.9	69.5	72.2	75.0	77.7	80.5	83.3	86.3	89.6	93.1	96.6	100.3	104.0	108.1	112.2	116.5	120.8	125.0	129.5	134.1
10	39.5	40.9	42.4	44.1	45.8	47.6	49.5	51.6	53.8	56.1	58.4	60.7	63.1	65.6	68.1	70.7	73.3	76.0	78.7	81.5	84.4	87.4	90.6	94.0	97.4	101.0	104.8	108.7	112.7	116.8	120.9	125.0	129.5
11	39.5	40.9	42.7	44.3	46.1	47.8	49.8	51.7	53.6	55.9	58.2	60.5	63.1	65.6	68.2	71.1	73.8	76.6	79.6	82.6	85.7	88.9	92.1	95.7	99.4	103.3	107.4	111.8	116.3	120.7	124.7	129.4	134.1
12	39.1	40.5	42.2	43.9	45.7	47.5	49.4	51.4	53.4	55.5	57.7	59.9	62.4	64.8	67.5	70.3	73.1	76.0	79.0	82.0	85.1	88.3	91.6	95.1	98.9	102.8	106.6	111.1	115.5	119.9	123.9	128.6	133.4
13	38.6	40.1	41.8	43.4	45.2	47.0	49.0	50.9	52.9	54.9	57.2	59.4	61.7	64.0	66.6	69.4	72.0	75.0	77.9	81.1	84.2	87.4	90.7	94.2	97.6	101.3	105.3	109.5	113.9	118.3	122.4	127.3	132.0
14	38.2	39.9	41.6	43.3	45.0	46.8	48.7	50.6	52.6	54.6	56.9	59.2	61.6	64.0	66.6	69.2	72.0	74.6	77.4	80.3	83.3	86.4	89.6	92.9	96.3	100.3	104.2	108.2	112.5	116.8	120.9	125.6	130.3
15	38.1	40.0	41.9	43.8	45.7	47.6	49.5	51.5	53.5	55.5	57.5	59.5	62.1	64.4	66.9	69.4	72.0	74.8	77.8	80.8	83.9	86.9	90.0	93.1	96.3	99.7	103.2	107.2	111.4	115.8	120.6	125.5	130.4

$FC_{ij}(90^\circ)$

Dosis calculada con TPS (CG): $DC_{ij}(90^\circ)$																																	
Detector <i>ij</i>	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		35.7	37.7	39.3	41.7	43.0	44.9	46.9	49.0	50.8	53.5	55.5	57.7	60.0	62.8	65.2	67.9	70.7	73.2	77.2	79.7	83.3	86.7	90.6	93.8	97.8	101.8	105.8	108.8	112.6	115.1		
15	35.5		37.1	38.6	40.4	42.2	44.1	45.7	47.8	49.7	51.6	53.7	56.4	58.7	61.1	64.4	66.5	69.9	72.0	75.6	78.4	82.1	85.1	89.0	92.5	96.8	101.4	105.1	108.9	113.7	118.3	123.1	127.2
14	35.9	37.5		39.2	40.8	42.6	44.6	46.4	48.7	50.7	52.5	55.1	57.9	59.3	62.3	65.8	67.7	70.7	73.4	76.2	79.7	83.3	87.2	91.4	95.3	99.8	104.8	109.3	113.6	117.9	122.4	126.6	131.6
13	36.1	37.9	39.4		41.1	43.4	45.7	48.3	49.4	51.1	53.7	55.2	58.1	60.3	62.8	65.5	68.4	71.1	74.2	77.6	81.1	84.2	88.6	92.4	96.2	100.8	105.0	109.4	113.8	117.8	122.2	126.7	131.6
12	37.0	38.2	39.6	41.6		43.7	45.7	47.3	49.4	51.6	54.1	55.7	58.9	60.8	63.6	66.2	68.8	72.1	75.3	78.2	82.1	85.1	88.8	92.4	96.2	100.8	105.0	109.4	113.8	117.8	122.2	126.7	131.6
11	37.8	38.7	40.6	42.4	44.2		45.7	48.4	49.7	52.2	54.0	56.4	59.3	61.6	64.2	66.6	69.4	72.4	75.7	78.9	81.4	85.4	89.6	93.3	97.0	101.8	106.0	110.3	114.7	118.3	123.7	127.7	132.4
10	37.1	39.2	40.3	42.4	44.3	46.3		50.8	50.4	52.8	54.7	57.0	59.6	62.1	64.9	67.6	70.5	73.8	76.7	79.7	82.9	86.0	90.0	93.7	97.3	101.7	105.7	110.3	114.6	119.1	123.1	127.8	132.4
9	37.5	39.6	40.8	43.2	44.5	46.5	48.3		50.9	53.0	55.2	57.7	59.8	61.7	64.7	67.4	70.8	74.1	76.8	79.8	83.2	86.2	90.7	94.2	98.2	102.1	106.8	111.1	115.5	120.3	124.5	129.0	133.6
8	38.0	39.2	41.4	43.3	45.3	47.2	48.9	51.3		53.1	55.7	57.9	60.2	62.5	65.5	67.6	70.8	73.8	77.0	80.0	83.5	86.7	90.7	93.9	98.4	102.5	106.3	110.1	114.8	119.3	123.8	128.1	133.2
7	38.2	40.3	41.8	43.4	45.3	46.9	49.3	50.9	53.7		55.8	58.1	60.7	63.0	65.7	68.9	71.4	74.3	77.7	80.6	83.9	87.2	90.7	94.8	98.8	102.3	105.9	110.3	114.9	118.8	124.7	128.9	132.8
6	38.6	40.2	41.5	43.7	45.6	47.9	49.9	52.0	54.0	56.0		58.4	61.1	63.1	66.0	69.0	71.6	74.7	77.9	81.1	84.3	87.8	92.0	95.7	99.4	102.7	106.9	112.1	115.0	119.0	123.9	128.9	133.0
5	39.0	40.7	42.4	43.9	46.4	47.7	50.0	51.9	54.3	56.9	59.1		60.7	64.2	66.8	68.7	71.8	75.2	78.0	81.2	84.8	88.4	92.8	96.0	99.4	103.3	108.2	111.3	115.7	119.2	124.8	128.8	133.8
4	39.4	40.6	42.8	44.7	46.3	48.2	50.1	52.5	54.5	57.2	59.3	61.7		64.3	66.4	69.4	72.5	74.9	78.7	81.4	85.2	88.8	92.7	95.7	99.6	103.9	107.9	111.6	116.3	120.9	125.9	129.6	134.7
3	39.5	41.0	42.2	44.4	46.5	49.1	50.5	52.6	54.5	57.0	59.8	61.9	64.4		67.1	70.4	73.0	76.3	79.1	81.7	85.6	89.6	93.0	95.9	99.9	104.7	108.8	112.3	115.9	121.3	125.7	130.0	133.8
2	39.3	40.8	42.5	43.9	46.4	48.2	50.1	52.3	54.8	56.6	59.2	61.5	64.1	67.1		69.8	72.2	75.5	78.4	81.6	84.8	88.3	92.0	95.5	98.9	103.8	107.9	112.0	115.6	120.1	125.3	129.1	133.2
1	39.4	40.5	42.6	44.7	46.8	48.6	50.1	52.3	54.8	57.3	59.5	61.9	64.3	67.2	70.2		73.3	75.6	78.4	81.5	84.9	88.1	92.2	95.6	98.9	103.1	107.6	111.3	115.5	119.3	124.4	128.8	133.1
1	39.1	41.0	42.6	44.5	46.8	48.8	50.3	52.7	54.5	57.2	59.7	61.6	64.0	67.2	70.2	72.4		75.3	76.3	79.3	81.4	85.1	88.1	91.9	95.3	99.7	104.0	107.7	111.6	120.0	125.6	129.0	133.2
2	39.2	40.9	42.4	44.1	46.0	48.0	50.3	52.2	54.6	57.0	59.3	61.7	64.4	67.0	69.5	72.4	75.8		78.2	81.7	85.0	88.1	92.0	95.3	99.8	103.5	107.3	110.9	115.7	119.8	124.5	129.2	133.1
3	38.9	40.7	42.6	44.5	46.2	47.9	50.3	52.5	54.7	56.8	59.2	61.4	64.3	66.6	69.4	72.9	75.9	78.9		82.6	85.7	89.1	92.5	96.3	100.0	104.0	108.4	112.2	116.6	120.5	126.0	130.2	134.4
4	39.0	40.7	42.6	44.5	46.2	48.3	50.5	51.9	54.6	56.9	59.1	62.0	64.2	67.0	69.3	72.5	75.8	79.2	81.5		84.7	88.6	91.9	95.3	99.4	103.2	107.8	112.3	115.5	119.8	124.8	129.3	133.1
5	38.6	40.2	42.2	43.8	45.7	47.8	49.8	51.8	54.0	56.1	58.7	60.8	63.6	66.4	69.0	71.7	74.9	77.7	80.8		84.2	87.2	91.5	94.6	98.2	102.2	106.4	110.6	115.1	119.8	124.8	129.4	133.2
6	38.2	40.0	41.5	43.5	45.3	47.5	49.0	50.9	53.4	55.3	58.2	60.6	62.8	66.0	68.7	71.0	74.6	77.7	81.0		83.9	87.5	91.3	94.4	98.3	102.5	106.9	110.6	115.1	119.7	124.7	128.9	133.0
7	37.8	39.7	41.0	43.2	45.1	46.4	48.7	50.5	52.8	55.8	57.8	60.6	62.8	65.2	68.2	71.5	74.5	77.7	80.9		83.4	87.3	90.9	94.4	98.5	102.9	106.7	111.2	115.8	119.5	125.2	129.5	133.9
8	37.7	39.6	41.3	42.9	45.2	46.7	50.4	52.9	55.0	57.7	59.8	62.7	65.6	68.5	71.3	74.6	77.6	80.5	83.8		87.3	90.7	94.4	98.6	102.3	106.5	110.5	115.8	119.7	124.8	129.4	133.9	
9	37.9	39.2	40.9	42.9	44.8	46.6	48.4	50.4	52.6	55.3	57.5	60.3	62.6	65.0	67.8	70.6	73.9	76.7	79.4		83.1	86.8	90.3	94.1	98.3	102.3	106.4	111.0	115.2	119.2	124.7	129.4	132.8
10	37.8	39.1	40.5	42.4	44.5	46.4	48.1	49.9	52.4	54.6	57.2	59.8	61.7	64.3	67.0	69.7	72.3	75.1	78.0		80.8	83.5	86.9	90.1	93.4	101.6	105.6	110.1	114.5	118.4	124.0	128.7	132.6
11	37.1	38.8	40.1	42.9	44.0	45.3	47.5	49.3	51.7	53.7	56.0	58.5	61.0	63.5	66.6	69.5	72.1	76.0	78.3		81.8	85.5	89.8	92.8	97.3	101.5	105.8	109.3	114.3	118.1	123.6	128.5	133.3
12	36.4	38.4	39.6	41.2	43.2	44.9	46.7	48.8	51.1	53.0	55.6	57.9	60.4	63.4	66.0	68.8	71.4	74.8	77.8		81.1	85.1	88.3	91.9	95.6	100.1	104.1	108.9	113.3	117.5	123.1	127.4	132.1
13	36.2	37.7	39.1	40.9	42.7	44.2	46.7	48.5	50.7	52.8	55.2	57.3	60.1	62.3	65.5	68.3	71.1	74.1	76.9		81.0	83.5	87.6	90.9	94.8	98.7	103.0	107.3	111.8	116.5	121.8	127.3	132.1
14	35.7	37.5	38.7	40.3	42.1	43.6	45.9	47.2	49.7	52.4	54.7	56.4	58.3	60.7	63.5	65.8	69.4	71.8	75.8		79.3	82.5	86.8	90.4	94.5	98.3	102.9	106.9	110.9	114.9	120.4	125.4	129.8
15	35.1	36.8	37.9	39.4	41.3	42.9	44.2	46.4	48.5	51.2	52.9	55.8	57.8	60.0	62.7	65.3	68.6	71.0	73.8		77.1	80.4	83.8	87.2	90.1	95.0	99.7	102.8	107.2	110.9	115.8	119.2	121.7
16		35.1	36.8	38.5	40.0	41.9	43.2	45.4	47.2	49.8	51.0	53.8	56.0	58.6	62.0	63.8	66.6	69.4	72.1	74.9		77.5	80.8	83.1	85.7	88.1	89.6	87.3	82.1	75.0	65.8	54.8	

Dosis medida con MatrxIX + MultiCube (CG): DM _{ij} (90°)																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
16		37.8	39.1	40.3	41.7	43.1	44.7	46.5	48.3	50.2	52.3	54.5	56.5	58.6	60.9	63.1	65.6	68.0	70.7	73.6	76.6	79.7	82.8	86.0	89.2	92.4	95.9	99.8	103.7	107.7	112.1	116.7	121.2	
15	38.1		39.4	40.8	42.1	43.5	45.1	47.3	49.2	51.3	53.2	55.4	57.4	59.5	61.7	64.2	66.6	69.2	72.0	75.0	78.0	81.1	84.4	87.5	91.2	94.4	98.1	102.1	106.2	110.8	115.4	119.7	124.7	
14	38.3	39.6	41.2		42.7	44.3	46.0	47.9	49.8	51.8	53.7	55.8	57.8	60.0	62.4	64.8	67.5	70.2	73.1	76.2	79.1	82.1	85.1	88.2	91.2	94.2	97.5	99.5	103.7	107.9	112.6	117.1	121.5	126.0
13	38.5	40.2	41.7	42.7		44.3	46.1	48.0	49.9	51.9	53.9	56.0	58.0	60.1	62.3	64.6	67.1	69.8	72.6	75.5	78.4	81.4	84.4	87.4	90.4	93.4	96.4	99.4	102.4	105.4	108.4	111.4	114.4	117.4
12	39.2	40.7	42.1	43.6	45.1		46.7	48.5	50.3	52.2	54.4	56.5	58.7	61.1	63.6	66.1	71.8	74.6	77.6	80.4	83.4	86.5	89.7	93.1	96.7	100.7	105.0	109.1	113.6	118.3	122.5	127.4		
11	39.5	40.9	42.2	43.8	45.2	46.9		48.5	50.5	52.5	54.7	57.1	59.4	61.7	64.3	67.0	69.7	72.3	75.1	78.0	80.8	83.6	86.9	90.1	93.6	97.1	101.0	105.1	109.3	113.7	118.3	122.5	127.7	
10	39.9	41.3	42.6	44.1	45.6	47.1	48.7		50.5	52.4	54.4	56.4	58.4	60.4	62.4	64.4	66.4	68.4	70.4	72.4	74.4	76.4	78.4	80.4	82.4	84.4	86.4	88.4	90.4	92.4	94.4	96.4	98.4	100.4
9	40.8	41.2	42.7	44.3	45.8	47.4	49.6	51.8		53.8	56.0	58.2	60.5	62.7	65.2	67.6	70.2	72.8	75.5	78.4	81.5	84.6	87.8	91.1	94.5	98.2	101.9	105.7	109.7	113.9	118.4	122.6	127.4	
8	41.5	41.6	43.1	44.8	46.3	48.3	50.2	52.2	54.2		56.3	58.5	60.7	62.7	65.2	67.8	70.4	72.9	75.8	78.8	81.8	84.9	88.1	91.3	95.3	99.0	102.5	106.2	110.1	114.3	118.8	123.0	127.8	
7	42.0	42.4	43.4	45.3	46.8	48.6	50.5	52.4	54.3	56.3		58.4	60.4	62.4	64.4	66.4	68.4	70.4	72.4	74.4	76.4	78.4	80.4	82.4	84.4	86.4	88.4	90.4	92.4	94.4	96.4	98.4	100.4	102.4
6	40.5	41.8	43.1	44.9	46.5	48.3	50.1	52.2	54.1	56.3	58.4		60.7	62.9	65.5	68.0	70.9	73.6	76.4	79.5	82.6	85.9	89.3	92.7	96.3	99.9	103.3	107.0	110.8	114.5	118.9	123.2	127.9	
5	40.2	41.4	42.9	44.5	46.2	48.0	50.0	52.0	54.1	56.3	58.5	60.8		63.1	65.7	68.4	71.3	74.0	76.9	79.9	83.0	86.1	89.6	93.0	96.3	99.8	103.4	107.0	110.6	114.5	118.5	122.9	127.7	
4	41.0	41.4	42.9	44.6	46.4	48.2	50.1	52.0	54.0	56.1	58.3	60.5	62.7		65.0	67.8	70.8	73.8	76.8	79.8	82.8	85.8	88.8	91.8	94.8	97.8	100.8	103.8	106.8	110.0	113.2	116.2	119.2	122.2
3	41.1	42.3	43.9	45.7	47.4	49.3	51.4	53.4	55.5	57.6	59.8	62.1	64.6	67.0		69.8	72.6	75.1	77.8	80.7	83.7	86.9	89.9	93.0	96.4	99.8	103.3	106.8	110.3	113.9	117.9	122.1	126.9	
2	42.2	43.5	45.1	46.7	48.4	50.2	52.3	54.4	56.2	58.2	60.4	62.7	65.1	67.5	70.4	73.1	75.7	78.2	81.1	83.9	86.8	89.9	93.0	96.3	99.7	103.2	106.5	110.1	113.9	117.9	122.0	126.6		
1	42.6	43.9	45.2	47.0	48.7	50.6	52.4	54.5	56.4	58.5	60.6	62.8	65.0	67.3	69.7	70.6	73.2	75.9	78.5	81.2	84.0	87.0	90.0	93.2	96.4	99.9	103.2	106.6	110.3	114.0	117.7	122.0	126.8	
0	42.2	44.7	46.1	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0	102.0	104.0	106.0	108.0
3	40.8	42.2	43.8	45.3	47.3	49.2	51.3	53.3	55.4	57.6	59.9	62.1	64.7	67.3	69.8	72.7	75.4	78.1	81.4	84.0	87.0	90.2	93.5	96.8	100.3	103.8	107.4	111.0	114.6	118.6	122.9	127.7		
4	41.0	41.4	42.9	44.7	46.3	48.3	50.5	52.5	54.6	56.8	59.1	61.6	64.0	66.7	69.5	72.2	75.0	78.0	80.8	83.9	87.0	90.4	93.7	97.2	100.6	104.2	107.8	111.5	115.3	119.4	123.3	128.5		
5	41.4	41.9	43.4	45.1	46.8	48.6	50.4	52.2	54.1	56.1	58.1	60.1	62.1	64.1	66.1	68.1	70.1	72.1	74.1	76.1	78.1	80.1	82.1	84.1	86.1	88.1	90.1	92.1	94.1	96.1	98.1	100.1	102.1	104.1
6	40.5	41.8	43.2	44.8	46.3	48.3	50.2	52.2	54.4	56.4	58.6	60.9	63.4	65.8	68.4	71.3	74.0	76.9	80.0	83.3	86.5	90.0	93.3	96.8	100.4	104.1	107.7	111.7	115.7	119.9	124.2	129.1		
7	40.5	42.0	43.4	44.9	46.6	48.5	50.3	52.3	54.4	56.4	58.6	60.8	63.4	65.6	68.2	70.9	73.6	76.7	79.4	82.6	85.9	89.3	92.8	96.4	99.9	103.7	107.4	111.2	115.3	119.7	124.1	128.7		
8	41.4	41.0	42.2	43.5	45.2	46.9	48.6	50.3	52.1	53.9	55.6	57.4	59.1	60.8	62.5	64.2	66.0	67.8	69.5	71.2	72.9	74.6	76.3	78.0	79.7	81.4	83.1	84.8	86.5	88.2	89.9	91.6	93.3	95.0
9	39.5	40.8	42.3	43.9	45.7	47.6	49.6	51.6	53.7	55.9	58.2	60.5	63.0	65.3	67.8	70.5	73.1	75.8	78.8	81.7	84.8	88.0	91.5	95.1	98.6	102.5	106.5	110.6	114.9	119.5	123.7	128.5		
10	39.2	40.5	42.1	43.5	45.2	47.0	48.9	50.9	53.1	55.4	57.7	60.0	62.5	65.1	67.5	70.2	72.8	75.7	78.4	81.3	84.4	87.7	91.0	94.5	98.1	102.1	106.1	110.5	115.0	119.4	123.7	128.6		
11	39.5	40.5	42.0	43.5	45.1	46.9	48.8	50.7	52.6	54.5	56.9	59.4	61.9	64.4	66.9	69.4	71.9	74.4	76.9	79.4	81.9	84.4	86.9	89.4	91.9	94.4	96.9	99.4	101.9	104.4	106.9	109.4	111.9	114.4
12	38.2	39.6	41.2	42.9	44.7	46.6	48.4	50.2	52.2	54.1	56.1	58.1	60.1	62.1	64.1	66.1	68.1	70.1	72.1	74.1	76.1	78.1	80.1	82.1	84.1	86.1	88.1	90.1	92.1	94.1	96.1	98.1	100.1	102.1
13	38.2	39.6	41.2	42.9	44.7	46.6	48.4	50.2	51.9	53.8	55.9	58.1	60.5	62.9	65.5	68.3	71.1	74.0	76.9	79.9	82.9	86.2	89.5	93.1	96.7	100.6	104.7	109.2	113.8	118.4	122.8	127.7		
14	37.7	39.1	40.7	42.2	43.9	45.7	47.6	49.6	51.8	54.3	56.5	57.6	59.9	62.1	64.6	67.3	70.0	72.9	75.9	79.0	82.1	85.3	88.6	92.0	95.4	99.3	103.4	107.7	112.2	117.0	121.2	126.3		
15	37.4	38.7	40.0	41.7	43.4	45.1	46.8	48.7	50.6	52.5	54.4	56.3	58.2	60.1	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0
16	38.3	39.5	40.9	42.5	44.0	45.8	47.6	49.6	51.5	53.7	55.9	58.1	60.2	62.5	64.9	67.3	69.8	72.7	75.7	78.6	81.8	84.8	87.9	91.4	94.3	97.4	100.4	103.2	105.5	105.1				

$FC_{ij}(91^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{91}(91^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		36.5	38.5	40.0	41.7	43.8	45.3	47.2	49.0	51.6	53.4	55.6	57.2	60.3	62.6	65.2	67.7	70.8	73.8	76.3	79.6	83.0	86.3	89.9	93.8	97.8	101.3	104.4	108.7	112.9	115.3		
15	35.9		37.6	38.6	40.8	42.3	44.6	45.9	48.1	50.5	52.4	54.7	57.2	59.5	61.8	64.4	67.3	70.0	72.8	75.2	78.6	81.6	85.6	88.8	92.3	96.6	100.4	103.8	107.9	113.0	118.0	123.0	127.3
14	37.5	37.9		39.5	41.7	43.2	44.8	46.9	49.0	51.4	53.2	55.5	58.1	60.6	62.8	65.2	68.0	71.4	74.1	76.4	79.2	82.9	86.0	89.4	93.1	96.6	100.3	104.5	109.0	113.6	117.9	122.4	126.9
13	36.6	38.1	40.0	41.9	44.2	45.7	47.8	49.9	51.7	53.9	56.9	59.1	61.3	63.6	66.3	69.3	71.9	74.6	77.7	80.7	84.0	87.7	91.2	95.0	99.1	103.3	106.9	111.8	116.6	122.0	126.1	130.9	
12	36.9	38.5	40.3	42.0	43.8	46.0	48.5	50.3	52.3	54.5	57.1	59.2	61.6	64.4	67.5	70.1	73.3	75.8	78.5	82.7	86.0	89.4	92.6	96.0	100.3	105.4	109.3	112.9	118.1	122.5	128.0	132.5	
11	37.9	39.1	41.1	42.8	44.9	46.7	48.6	50.6	52.8	55.0	57.4	59.8	61.8	64.9	67.7	70.7	73.2	76.1	79.4	82.1	85.5	88.9	92.3	95.7	99.1	103.6	107.5	111.2	115.9	120.1	124.7	128.7	
10	38.4	39.4	41.2	44.0	45.4	47.4	49.3	51.3	53.5	55.9	58.6	60.9	63.3	65.8	68.0	71.1	73.9	76.8	80.6	83.2	86.3	90.4	93.6	97.7	101.5	105.7	109.3	113.4	118.1	122.6	127.7	131.5	
9	38.4	39.3	41.3	43.4	44.8	47.2	48.9	51.5	53.6	56.4	58.3	61.3	63.3	65.8	68.2	71.2	74.5	77.1	80.4	84.2	87.7	91.4	94.6	98.1	102.0	106.6	110.6	115.2	119.4	124.4	128.9	132.1	
8	38.3	40.3	41.5	43.5	45.2	47.1	48.9	50.8	53.5	55.7	58.2	60.3	63.5	65.4	68.5	70.8	74.1	77.1	80.5	83.2	87.0	90.1	94.7	97.9	101.9	106.0	109.7	114.3	118.8	123.9	128.5	132.5	
7	38.7	40.6	42.2	44.1	45.8	47.6	49.3	52.0	54.3	56.6	58.8	61.1	64.4	66.3	69.2	72.0	74.9	77.8	80.7	84.4	87.5	90.7	94.1	98.6	102.1	106.2	110.2	114.3	118.8	123.9	127.8	132.0	
6	38.9	40.5	41.8	44.0	45.9	48.2	50.2	52.4	54.4	56.8	59.6	61.3	63.3	66.9	69.8	72.6	75.1	78.8	81.6	85.2	88.4	91.9	95.6	98.9	103.1	107.4	110.7	115.3	119.7	124.7	128.6	132.7	
5	39.4	41.3	42.6	44.9	46.4	48.9	50.6	52.6	54.9	57.5	59.2	62.8	64.7	67.4	69.8	72.9	76.3	79.4	81.8	85.0	88.5	92.4	95.5	99.7	103.6	107.2	111.2	115.0	119.9	124.8	128.8	133.1	
4	39.3	41.0	43.0	45.1	46.5	48.8	50.8	52.4	54.7	57.3	59.8	61.9	64.9	67.3	70.1	73.4	75.8	78.8	81.5	85.3	88.3	91.8	95.3	98.9	104.1	108.2	111.8	115.4	119.9	124.6	129.1	133.0	
3	39.2	41.0	42.5	45.1	46.8	48.4	50.7	53.0	55.0	57.6	59.7	62.2	64.9	67.7	70.6	73.2	76.3	79.4	81.8	85.0	88.8	92.1	95.5	99.3	103.2	107.1	110.7	115.2	119.6	124.4	128.8	133.1	
2	38.8	40.6	42.5	43.8	45.9	48.3	50.2	52.1	54.7	57.1	58.9	61.6	64.5	67.1	69.5	72.4	75.0	78.9	81.8	85.0	88.5	92.4	95.5	99.7	103.6	107.2	111.2	115.0	119.9	124.8	128.8	133.1	
1	39.5	41.1	42.6	44.5	46.5	48.5	50.0	52.2	54.8	57.0	59.6	62.0	64.0	66.9	69.4	72.4	75.7	78.9	81.4	84.9	88.4	91.7	94.8	98.7	102.1	106.0	110.2	114.7	118.5	123.2	127.3	132.0	
1	39.5	41.3	42.3	44.2	46.9	47.8	50.4	53.1	55.1	57.0	59.3	62.3	65.0	67.2	70.7	72.6	75.5	78.8	82.2	85.2	88.5	91.7	95.6	98.7	102.8	107.1	110.9	114.3	118.8	123.9	128.5	133.0	
2	39.6	41.3	42.8	44.6	46.7	48.6	50.9	52.8	55.1	57.4	59.4	62.8	64.6	67.1	69.5	73.0	76.0	78.7	81.9	85.6	88.3	91.8	95.4	99.1	103.3	106.6	111.3	115.1	119.7	124.9	129.2	133.4	
3	39.5	41.1	42.9	45.1	46.6	48.6	50.6	53.0	55.0	57.8	59.4	62.3	64.9	67.7	70.4	73.2	76.1	79.4	81.7	84.7	88.4	91.9	95.7	99.5	103.6	107.2	111.6	116.0	120.1	124.7	128.7	132.8	
4	39.2	41.0	42.6	44.4	46.0	47.9	50.2	52.0	54.8	56.5	59.0	61.6	64.1	66.8	69.5	72.2	75.6	78.7	81.0	84.6	88.1	91.6	94.8	98.8	102.9	106.9	111.0	115.2	119.1	124.2	127.7	132.8	
5	39.9	41.9	42.2	44.3	45.6	47.8	49.4	51.7	54.1	56.3	58.9	61.3	63.6	67.0	69.2	72.1	75.0	77.9	81.0	84.5	87.5	91.5	94.2	98.6	102.8	106.2	110.4	114.7	118.9	124.1	128.3	132.7	
6	38.7	40.6	41.9	43.9	45.6	47.5	49.9	52.0	54.6	56.9	59.2	61.4	63.7	66.5	69.2	72.0	75.8	78.3	81.1	84.7	87.4	91.7	94.9	98.9	102.5	106.6	110.7	114.9	119.4	124.8	129.2	133.6	
7	38.0	40.2	41.8	43.7	46.0	47.4	50.0	51.9	54.1	56.4	58.7	60.9	64.0	66.3	69.3	71.7	75.2	77.7	81.1	84.5	87.6	91.5	94.8	98.9	102.4	107.1	109.9	114.2	118.5	124.1	128.3	132.7	
8	38.4	40.0	41.8	43.4	45.5	47.6	49.4	51.7	53.8	56.6	61.2	63.8	66.3	68.6	71.4	74.7	77.2	80.3	83.5	87.0	91.0	94.3	98.1	102.2	106.0	110.6	115.0	119.4	124.5	128.4	132.9		
9	38.2	39.5	41.4	43.3	46.3	47.1	49.0	51.5	53.3	55.7	57.6	60.1	62.9	65.8	68.2	70.9	74.1	77.0	80.2	83.5	86.5	90.6	93.7	97.8	101.5	106.0	109.7	114.1	118.3	123.9	128.4	132.9	
10	38.1	39.6	40.5	42.5	44.9	47.0	48.7	50.2	52.8	55.1	57.5	60.0	62.5	64.8	67.4	70.1	73.8	76.9	79.7	82.9	85.7	89.8	93.3	97.2	100.9	105.1	109.2	113.4	118.9	124.2	128.5	132.9	
11	37.5	39.1	40.4	42.4	44.5	46.2	47.8	49.9	51.8	54.2	56.8	59.1	61.6	64.3	67.4	69.7	72.5	76.1	78.9	82.4	85.8	89.7	93.3	97.5	101.6	106.5	110.2	114.6	118.7	124.1	128.5	133.1	
12	38.1	39.8	39.9	41.3	43.1	44.7	46.3	48.1	50.3	52.4	54.3	56.9	59.1	61.6	64.2	66.8	69.5	72.7	75.3	78.5	82.0	85.0	88.8	92.6	96.9	101.1	105.3	109.5	113.7	117.9	122.2	126.5	
13	38.1	38.2	39.3	41.3	43.4	44.8	47.3	48.8	51.0	52.9	55.5	58.0	60.0	62.9	65.3	68.4	71.4	74.7	76.7	80.8	83.4	87.2	90.0	94.4	98.5	102.9	106.9	111.0	115.9	120.2	126.0	129.8	
14	35.9	37.3	38.7	40.5	41.7	44.1	45.9	47.8	49.8	51.9	53.9	56.6	58.9	61.6	63.5	67.2	69.7	72.7	76.1	79.3	81.4	85.1	88.9	92.2	95.7	100.7	104.6	109.5	113.5	118.9	123.5	127.6	
15	35.3	36.3	37.6	39.0	41.8	43.6	45.3	47.3	48.9	51.1	53.3	55.5	58.2	60.3	62.8	66.1	68.4	71.4	74.2	77.2	80.4	83.7	88.0	90.7	94.6	98.6	101.8	105.5	109.8	114.7	117.1	120.6	
16	35.9	37.9	39.0	40.2	42.2	43.7	45.9	48.0	50.0	52.4	54.3	56.6	58.5	61.2	63.4	66.9	69.4	71.3	74.1	77.3	80.9	83.5	86.2	88.1	91.3	94.5	97.2						

		Dosis medida con Matr-XX + Ms H-Cube (cGy): $DM_{91}(91^\circ)$
--	--	-----------------------------------------------------------------

$$FC_{ij}(92^\circ)$$

Dens calculated on TFS (CoGa: Fe ₂ O ₃) ¹⁰⁰																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Detector _i	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
16	33.4	35.5	37.0	39.0	40.6	43.1	44.8	46.9	49.9	51.8	54.6	57.2	60.2	62.5	65.8	68.7	71.5	73.9	76.8	80.4	84.0	87.3	90.3	93.7	97.6	100.4	104.3	108.6	112.7	115.5	119.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Densidade medida com Math-X + MathCube (C-Gr): DM_92/QM_92																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	32.0	33.2	34.6	35.9	37.5	39.1	40.9	42.7	44.5	46.6	48.5	50.7	52.9	55.5	57.9	60.5	63.3	66.1	69.0	72.1	75.3	78.7	81.7	84.7	87.6	90.1	91.3	89.8	89.3	73.7			
2	31.4	32.7	33.8	35.2	36.9	38.7	40.5	42.3	44.2	46.3	48.4	50.7	53.2	56.2	59.2	62.4	65.7	69.1	72.6	76.1	79.7	83.4	87.2	91.0	94.8	98.5	102.2	105.9	109.6	113.3	117.0	120.2	
3	32.0	33.6	35.0	36.5	38.0	39.6	41.4	43.2	45.1	47.0	49.1	51.2	53.4	56.0	58.5	61.4	64.2	67.3	70.5	73.7	76.7	80.3	83.9	87.6	91.6	95.8	100.6	103.3	103.3	115.3	120.2	125	
4	31.1	32.5	33.9	35.4	37.1	38.9	40.7	42.5	44.4	46.4	48.4	50.5	52.7	55.1	57.6	60.2	62.9	65.7	68.6	71.6	74.6	77.7	80.9	84.2	87.6	91.1	94.6	98.1	101.6	105.1	108.6	112.1	115.6
5	32.3	33.5	35.9	37.3	38.8	40.5	42.1	44.1	46.0	48.0	50.2	52.5	54.7	57.3	60.0	62.8	65.7	68.8	71.9	75.1	78.3	81.6	85.1	88.8	92.7	97.1	101.7	106.3	111.3	116.3	121.1	126.3	
6	33.4	34.7	36.1	37.7	39.1	40.7	42.5	44.3	46.4	48.5	50.7	52.9	55.5	57.9	60.6	63.4	66.2	69.3	72.5	75.8	78.7	82.1	85.6	89.3	93.1	97.4	102.0	106.7	111.4	116.3	121.2	126.4	
7	35.0	36.5	38.1	39.7	41.4	43.2	45.0	46.9	48.8	50.8	52.9	55.1	57.5	60.1	62.8	65.6	68.5	71.4	74.4	77.4	80.4	83.5	86.7	89.9	93.3	96.7	100.1	103.5	106.8	110.1	113.4	116.6	120.0
8	34.1	35.4	36.8	38.2	39.7	41.5	43.3	45.3	47.3	49.4	51.8	54.1	56.4	58.8	61.3	64.2	67.1	69.9	73.0	76.2	79.6	83.0	86.7	90.3	94.1	98.4	102.6	107.1	111.7	116.6	121.3	126.4	
9	34.2	35.5	36.9	38.6	40.0	41.8	43.7	45.6	47.7	49.8	52.0	54.3	56.5	59.1	61.7	64.4	67.4	70.3	73.5	76.9	80.2	83.6	87.4	91.1	95.1	99.0	103.2	107.6	112.1	117.0	121.7	126.8	
10	35.7	37.0	38.4	39.9	41.5	43.2	45.0	46.9	48.9	50.9	53.1	55.3	57.6	60.0	62.5	65.1	67.8	70.6	73.5	76.5	79.6	82.8	86.1	89.4	92.8	96.2	100.6	105.0	109.4	113.8	118.2	122.6	
11	35.5	35.7	37.3	38.8	40.2	42.1	43.9	46.0	47.9	50.1	52.4	54.7	57.0	59.6	62.3	65.1	68.0	71.0	74.2	77.5	80.8	84.4	88.0	92.0	95.9	99.7	103.9	108.0	112.2	117.0	121.7	126.8	
12	34.7	35.9	37.3	38.8	40.5	42.3	44.1	46.1	48.2	50.2	52.5	54.8	57.1	59.7	62.5	65.3	68.4	71.4	74.4	77.6	81.1	84.7	88.3	92.0	95.8	99.8	103.9	107.9	112.2	116.7	121.4	126.7	
13	34.8	36.0	37.4	39.1	40.6	42.4	44.3	46.4	48.4	50.5	52.8	55.1	57.4	60.1	62.9	65.8	68.8	71.7	74.7	77.9	81.2	84.7	88.3	92.0	95.8	99.7	103.6	107.6	111.8	116.3	121.1	126.2	
14	36.3	37.7	39.1	40.6	42.3	44.1	46.0	48.0	50.1	52.3	54.6	56.9	59.3	61.8	64.3	66.9	69.5	72.1	74.8	77.5	80.2	82.9	85.6	88.3	91.0	93.7	96.4	99.1	101.8	104.5	107.2	109.9	112.6
15	35.2	36.5	37.9	39.6	41.1	42.9	45.0	46.9	48.9	51.0	53.3	55.7	58.2	60.7	63.3	66.6	69.6	72.2	75.3	78.4	81.5	84.9	88.3	92.0	95.7	99.5	103.4	107.5	111.6	116.1	120.7	125.7	
16	35.0	36.4	37.7	39.3	41.0	42.9	44.7	46.9	49.1	51.3	53.3	55.7	58.1	60.4	63.8	66.7	69.6	72.5	75.5	78.5	81.7	84.9	88.5	92.1	95.8	99.7	103.6	107.6	111.7	115.9	120.8	125.8	
17	36.3	37.5	38.7	40.0	41.4	43.0	44.6	46.3	48.1	50.0	52.0	54.1	56.3	58.5	60.8	63.2	65.6	68.0	70.4	72.8	75.2	77.6	80.0	82.4	84.8	87.2	89.6	92.0	94.4	96.8	99.2	101.6	104.0
18	34.8	36.1	37.5	39.1	40.7	42.5	44.5	46.5	48.5	50.7	53.0	55.3	58.0	60.6	63.4	66.4	69.3	72.2	75.3	78.5	81.7	85.2	88.8	92.5	96.3	100.2	104.1	108.2	112.3	116.8	121.6	126.7	
19	34.6	36.0	37.4	38.9	40.5	42.4	44.3	46.4	48.4	50.5	52.9	55.2	57.6	60.3	63.2	66.1	69.0	72.1	75.3	78.5	81.9	85.4	89.0	92.9	96.6	100.6	104.7	108.8	113.0	117.5	122.2	127.8	
20	35.9	37.3	38.7	40.2	41.8	43.5	45.2	47.0	48.8	50.7	52.7	54.8	56.9	59.1	61.4	63.8	66.2	68.6	71.0	73.4	75.8	78.2	80.6	83.0	85.4	87.8	90.2	92.6	95.0	97.4	99.8	102.2	104.6
21	34.5	35.7	37.1	38.6	40.2	42.0	43.9	46.0	48.2	50.2	52.4	54.6	56.9	59.2	61.6	64.0	66.4	68.8	71.2	73.6	76.0	78.4	80.8	83.1	85.4	87.8	90.2	92.6	95.0	97.4	99.8	102.2	104.6
22	34.3	35.6	37.0	38.4	40.1	41.9	43.8	45.7	47.8	50.1	52.3	54.6	57.0	59.6	62.3	65.1	67.9	71.2	74.2	77.5	80.8	84.1	87.5	90.8	94.1	97.4	100.7	104.0	107.3	110.6	113.9	117.2	120.5
23	35.4	36.9	38.4	40.0	41.7	43.4	45.2	47.0	48.8	50.7	52.6	54.5	56.4	58.3	60.3	62.3	64.3	66.3	68.3	70.3	72.3	74.3	76.3	78.3	80.3	82.3	84.3	86.3	88.3	90.3	92.3	94.3	96.3
24	33.8	35.1	36.5	37.9	39.6	41.4	43.0	45.1	47.1	49.3	51.6	53.9	56.5	59.1	61.6	64.3	67.3	70.2	73.3	76.5	79.8	83.3	87.0	90.8	94.8	98.9	103.0	107.1	111.2	115.3	119.4	123.5	
25	33.4	34.8	36.3	37.7	39.2	40.9	42.8	44.6	46.6	48.8	51.1	53.4	56.0	58.5	61.2	64.1	66.9	69.8	72.9	76.0	79.3	82.8	86.5	90.2	94.2	98.5	103.0	107.7	112.7	117.6	122.3	127.5	
26	33.4	34.5	35.9	37.4	38.9	40.6	42.3	44.2	46.1	48.3	50.5	52.9	55.5	57.9	60.6	63.4	66.4	69.3	72.4	75.6	78.8	82.2	85.8	89.7	93.8	98.0	102.3	106.7	111.2	115.7	120.3	124.7	
27	34.7	36.1	37.6	39.1	40.7	42.4	44.2	46.1	48.0	50.0	52.1	54.3	56.6	58.9	61.3	63.8	66.3	68.8	71.3	73.8	76.3	78.8	81.3	83.8	86.3	88.8	91.3	93.8	96.3	98.8	101.3	103.8	106.3
28	32.4	33.7	35.1	36.5	38.2	39.7	41.5	43.3	45.2	47.1	49.3	51.6	54.1	56.5	59.1	62.0	64.9	67.9	71.1	74.3	77.5	81.1	84.7	88.5	92.6	97.0	101.6	106.6	111.6	116.6	121.6	126.7	
29	31.5	32.6	34.6	36.0	37.5	39.2	41.0	42.8	44.6	46.6	48.8	51.0	53.3	55.7	58.3	61.1	63.9	66.9	70.1	73.4	76.6	80.2	83.8	87.5	91.3	95.6	100.2	104.9	109.9	115.0	119.8	125.3	
30	31.7	32.7	33.9	35.3	36.9	38.6	40.4	42.2	44.1	46.1	48.2	50.4	52.6	54.9	57.3	59.7	62.2	64.7	67.2	69.7	72.3	74.9	77.5	80.1	82.7	85.3	87.9	90.5	93.1	95.7	98.3	100.9	103.5
31	32.0	33.3	34.5	36.0	37.5	39.3	41.0	42.9	44.7	46.9	49.1	51.2	53.4	56.0	58.5	61.1	63.9	66.9	69.9	73.1	76.5	79.9	83.3	86.7	90.1	94.0	97.6	100.8	103.2	105.8	108.3	110.8	113.3

		Factores de corrección: $C_F(10^2)$															
Detector	θ_{ij}	1				2				3				4			
		13	14	13	13	13	9	8	7	13	9	8	7	13	9	8	7
1	0.0000	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760
2	0.0064	0.0814	0.0808	0.0797	0.0783	0.0769	0.0754	0.0740	0.0726	0.0712	0.0698	0.0684	0.0670	0.0656	0.0642	0.0628	0.0614
3	0.0128	0.0868	0.0858	0.0843	0.0828	0.0813	0.0798	0.0783	0.0768	0.0753	0.0738	0.0723	0.0708	0.0693	0.0678	0.0663	0.0648
4	0.0192	0.0918	0.0904	0.0887	0.0870	0.0853	0.0836	0.0819	0.0802	0.0785	0.0768	0.0751	0.0734	0.0717	0.0700	0.0683	0.0666
5	0.0256	0.0964	0.0946	0.0927	0.0908	0.0889	0.0870	0.0851	0.0832	0.0813	0.0794	0.0775	0.0756	0.0737	0.0718	0.0699	0.0680
6	0.0320	0.1008	0.0987	0.0967	0.0946	0.0924	0.0902	0.0880	0.0858	0.0836	0.0814	0.0792	0.0770	0.0748	0.0726	0.0704	0.0682
7	0.0384	0.1048	0.1024	0.1000	0.0975	0.0950	0.0925	0.0900	0.0875	0.0850	0.0825	0.0800	0.0775	0.0750	0.0725	0.0700	0.0675
8	0.0448	0.1084	0.1056	0.1030	0.1003	0.0975	0.0947	0.0919	0.0891	0.0863	0.0835	0.0807	0.0779	0.0751	0.0723	0.0695	0.0667
9	0.0512	0.1116	0.1085	0.1057	0.1028	0.1000	0.0970	0.0940	0.0910	0.0880	0.0850	0.0820	0.0790	0.0760	0.0730	0.0700	0.0670
10	0.0576	0.1144	0.1111	0.1081	0.1050	0.1019	0.0987	0.0955	0.0923	0.0891	0.0859	0.0827	0.0795	0.0763	0.0731	0.0699	0.0667
11	0.0640	0.1168	0.1133	0.1101	0.1068	0.1034	0.1000	0.0966	0.0932	0.0898	0.0864	0.0830	0.0796	0.0762	0.0728	0.0694	0.0660
12	0.0704	0.1188	0.1151	0.1117	0.1082	0.1047	0.1011	0.0975	0.0939	0.0903	0.0867	0.0831	0.0795	0.0759	0.0723	0.0687	0.0651
13	0.0768	0.1204	0.1165	0.1130	0.1094	0.1057	0.1020	0.0983	0.0946	0.0909	0.0872	0.0835	0.0798	0.0761	0.0724	0.0687	0.0650
14	0.0832	0.1216	0.1176	0.1139	0.1101	0.1063	0.1025	0.0987	0.0949	0.0911	0.0873	0.0835	0.0797	0.0759	0.0721	0.0683	0.0645
15	0.0896	0.1228	0.1187	0.1149	0.1110	0.1071	0.1032	0.0993	0.0954	0.0915	0.0876	0.0837	0.0798	0.0759	0.0720	0.0681	0.0642
16	0.0960	0.1236	0.1194	0.1155	0.1115	0.1075	0.1035	0.0995	0.0955	0.0915	0.0875	0.0835	0.0795	0.0755	0.0715	0.0675	0.0635
17	0.1024	0.1240	0.1197	0.1157	0.1116	0.1075	0.1034	0.0993	0.0952	0.0911	0.0870	0.0829	0.0788	0.0747	0.0706	0.0665	0.0625
18	0.1088	0.1244	0.1200	0.1159	0.1117	0.1076	0.1034	0.0993	0.0951	0.0910	0.0868	0.0827	0.0786	0.0745	0.0704	0.0663	0.0623
19	0.1152	0.1248	0.1203	0.1161	0.1119	0.1077	0.1035	0.0993	0.0951	0.0909	0.0867	0.0825	0.0783	0.0741	0.0699	0.0657	0.0615
20	0.1216	0.1252	0.1206	0.1163	0.1121	0.1078	0.1036	0.0994	0.0952	0.0910	0.0868	0.0826	0.0784	0.0742	0.0700	0.0658	0.0616
21	0.1280	0.1256	0.1209	0.1165	0.1122	0.1079	0.1036	0.0994	0.0952	0.0910	0.0868	0.0826	0.0784	0.0742	0.0700	0.0658	0.0616
22	0.1344	0.1258	0.1210	0.1166	0.1123	0.1080	0.1037	0.0995	0.0953	0.0911	0.0869	0.0827	0.0785	0.0743	0.0701	0.0659	0.0617
23	0.1408	0.1259	0.1211	0.1167	0.1124	0.1081	0.1038	0.0996	0.0954	0.0912	0.0870	0.0828	0.0786	0.0744	0.0702	0.0660	0.0618
24	0.1472	0.1260	0.1212	0.1168	0.1125	0.1082	0.1039	0.0997	0.0955	0.0913	0.0871	0.0829	0.0787	0.0745	0.0703	0.0661	0.0619
25	0.1536	0.1261	0.1213	0.1169	0.1126	0.1083	0.1040	0.0998	0.0956	0.0914	0.0872	0.0830	0.0788	0.0746	0.0704	0.0662	0.0620
26	0.1600	0.1262	0.1214	0.1170	0.1127	0.1084	0.1041	0.0999	0.0957	0.0915	0.0873	0.0831	0.0789	0.0747	0.0705	0.0663	0.0621
27	0.1664	0.1263	0.1215	0.1171	0.1128	0.1085	0.1042	0.1000	0.0958	0.0916	0.0874	0.0832	0.0790	0.0748	0.0706	0.0664	0.0622
28	0.1728	0.1264	0.1216	0.1172	0.1129	0.1086	0.1043	0.1001	0.0959	0.0917	0.0875	0.0833	0.0791	0.0749	0.0707	0.0665	0.0623
29	0.1792	0.1265	0.1217	0.1173	0.1130	0.1087	0.1044	0.1002	0.0960	0.0918	0.0876	0.0834	0.0792	0.0750	0.0708	0.0666	0.0624
30	0.1856	0.1266	0.1218	0.1174	0.1131	0.1088	0.1045	0.1003	0.0961	0.0919	0.0877	0.0835	0.0793	0.0751	0.0709	0.0667	0.0625
31	0.1920	0.1267	0.1219	0.1175	0.1132	0.1089	0.1046	0.1004	0.0962	0.0920	0.0878	0.0836	0.0794	0.0752	0.0710	0.0668	0.0626
32	0.1984	0.1268	0.1220	0.1176	0.1133	0.1090	0.1047	0.1005	0.0963	0.0921	0.0879	0.0837	0.0795	0.0753	0.0711	0.0669	0.0627
33	0.2048	0.1269	0.1221	0.1177	0.1134	0.1091	0.1048	0.1006	0.0964	0.0922	0.0880	0.0838	0.0796	0.0754	0.0712	0.0670	0.0628
34	0.2112	0.1270	0.1222	0.1178	0.1135	0.1092	0.1049	0.1007	0.0965	0.0923	0.0881	0.0839	0.0797	0.0755	0.0713	0.0671	0.0629
35	0.2176	0.1271	0.1223	0.1179	0.1136	0.1093	0.1050	0.1008	0.0966	0.0924	0.0882	0.0840	0.0798	0.0756	0.0714	0.0672	0.0630
36	0.2240	0.1272	0.1224	0.1180	0.1137	0.1094	0.1051	0.1009	0.0967	0.0925	0.0883	0.0841	0.0799	0.0757	0.0715	0.0673	0.0631
37	0.2304	0.1273	0.1225	0.1181	0.1138	0.1095	0.1052	0.1010	0.0968	0.0926	0.0884	0.0842	0.0800	0.0758	0.0716	0.0674	0.0632
38	0.2368	0.1274	0.1226	0.1182	0.1139	0.1096	0.1053	0.1011	0.0969	0.0927	0.0885	0.0843	0.0801	0.0759	0.0717	0.0675	0.0633
39	0.2432	0.1275	0.1227	0.1183	0.1140	0.1097	0.1054	0.1012	0.0970	0.0928	0.0886	0.0844	0.0802	0.0760	0.0718	0.0676	0.0634
40	0.2496	0.1276	0.1228	0.1184	0.1141	0.1098	0.1055	0.1013	0.0971	0.0929	0.0887	0.0845	0.0803	0.0761	0.0719	0.0677	0.0635
41	0.2560	0.1277	0.1229	0.1185	0.1142	0.1100	0.1057	0.1015	0.0973	0.0931	0.0889	0.0847	0.0805	0.0763	0.0721	0.0679	0.0637
42	0.2624	0.1278	0.1230	0.1186	0.1143	0.1101	0.1058	0.1016	0.0974	0.0932	0.0890	0.0848	0.0806	0.0764	0.0722	0.0680	0.0638
43	0.2688	0.1279	0.1231	0.1187	0.1144	0.1102	0.1059	0.1017	0.0975	0.0933	0.0891	0.0849	0.0807	0.0765	0.0723	0.0681	0.0639
44	0.2752	0.1280	0.1232	0.1188	0.1145	0.1103	0.1060	0.1018	0.0976	0.0934	0.0892	0.0850	0.0808	0.0766	0.0724	0.0682	0.0640
45	0.2816	0.1281	0.1233	0.1189	0.1146	0.1104	0.1061	0.1019	0.0977	0.0935	0.0893	0.0851	0.0809	0.0767	0.0725	0.0683	0.0641
46	0.2880	0.1282	0.1234	0.1190	0.1147	0.1105	0.1062	0.1020	0.0978	0.0936	0.0894	0.0852	0.0810	0.0768	0.0726	0.0684	0.0642
47	0.2944	0.1283	0.1235	0.1191	0.1148	0.1106	0.1063	0.1021	0.0979	0.0937	0.0895	0.0853	0.0811	0.0769	0.0727	0.0685	0.0643
48	0.3008	0.1284	0.1236	0.1192	0.1149	0.1107	0.1064	0.1022	0.0980	0.0938	0.0896	0.0854	0.0812	0.0770	0.0728	0.0686	0.0644
49	0.3072	0.1285	0.1237	0.1193	0.1150	0.1108	0.1065	0.1023	0.0981	0.0939	0.0897	0.0855	0.0813	0.0771	0.0729	0.0687	0.0645
50	0.3136	0.1286	0.1238	0.1194	0.1151	0.1109	0.1066	0.1024	0.0982	0.0940	0.0898	0.0856	0.0814	0.0772	0.0730	0.0688	0.0646
51	0.3200	0.1287	0.1239	0.1195	0.1152	0.1110	0.1067	0.1025	0.0983	0.0941	0.0899	0.0857	0.0815	0.0773	0.0731	0.0689	0.0647
52	0.3264	0.1288	0.1240	0.1196	0.1153	0.1111	0.1068	0.1026	0.0984	0.0942	0.0900	0.0858	0.0816	0.0774	0.0732	0.0690	0.0648
53	0.3328	0.1289	0.1241	0.1197	0.1154	0.1112	0.1069	0.1027	0.0985	0.0943	0.0901	0.0859	0.0817	0.0775	0.0733	0.0691	0.0649
54	0.3392	0.1290	0.1242	0.1198	0.1155	0.1113	0.1070	0.1028	0.0986	0.0944	0.0902	0.0860	0.0818	0.0776	0.0734	0.0692	0.0650
55	0.3456	0.1291	0.1243	0.1199	0.1156	0.1114	0.1071	0.1029	0.0987	0.0945	0.0903	0.0861	0.0819	0.0777	0.0735	0.0693	0.0651
56	0.3520	0.1292	0.1244	0.1200	0.1157	0.1115	0.1072	0.1030	0.0988	0.0946	0.0904	0.0862	0.0820	0.0778	0.0736	0.0694	0.0652
57	0.3584	0.1293	0.1245	0.1201	0.1158	0.1116	0.1073	0.1031	0.0989	0.0947	0.0905	0.0863	0.0821	0.0779	0.0737	0.0695	0.0653
58	0.3648	0.1294	0.1246	0.1202	0.1159	0.1117	0.1074	0.1032	0.0990	0.0948	0.0906	0.0864	0.0822	0.0780	0.0738	0.0696	0.0654
59	0.3712	0.1295	0.1247	0.1203	0.1160	0.1118	0.1075	0.1033	0.0991	0.0949	0.0907	0.0865	0.0823	0.0781	0.0739	0.0697	0.0655
60	0.3776	0.1296	0.1248	0.1204	0.1161	0.1119	0.1076	0.1034	0.0992	0.0950	0.0908	0.0866	0.0824	0.0782	0.0740	0.0698	0.0656
61	0.3840	0.1297	0.1249	0.1205	0.1162	0.1120	0.1077	0.1035	0.0993	0.0951	0.0909	0.0867	0.0825				

$FC_{ij}(93^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(93^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	33.5	34.7	36.2	37.5	39.4	41.3	43.2	45.7	48.0	49.9	52.5	54.2	56.9	60.2	62.5	65.9	70.0
15	32.8	34.4	35.5	37.1	38.6	40.5	42.4	44.1	46.4	48.4	50.5	53.4	56.6	58.5	62.3	64.5	67.9
14	33.2	34.7	36.2	38.1	39.7	41.7	43.4	44.8	46.9	49.6	51.5	54.6	57.1	59.2	62.4	65.6	69.1
13	34.0	35.4	36.8	38.7	40.2	42.5	44.2	46.1	48.3	50.3	52.8	55.0	57.8	60.3	66.8	69.9	73.3
12	33.6	35.3	37.3	39.0	40.6	42.5	44.3	46.1	48.2	50.6	53.3	55.8	58.0	61.1	64.0	67.2	70.3
11	34.6	36.5	37.5	39.5	41.4	43.0	44.6	46.2	49.0	51.3	53.8	56.4	59.7	61.8	64.8	68.2	71.3
10	34.5	36.4	37.8	39.7	41.7	43.1	44.9	47.4	49.5	51.7	54.4	57.2	59.3	62.2	65.4	68.6	72.1
9	35.3	37.0	38.1	39.8	42.0	43.5	45.0	47.3	49.2	51.9	54.8	56.9	59.6	62.9	65.5	68.9	72.2
8	35.5	37.1	38.6	40.4	42.5	44.5	46.9	48.2	50.0	52.8	54.9	57.3	60.2	63.1	66.1	69.1	72.5
7	36.3	37.6	39.3	40.5	42.2	44.3	46.5	48.2	50.5	52.7	55.1	58.0	60.5	63.5	65.7	69.2	72.8
6	36.2	37.7	39.3	41.0	42.9	45.0	46.8	48.2	50.3	52.8	54.9	57.4	60.3	63.4	66.4	69.6	72.5
5	36.2	37.6	39.1	40.7	42.7	45.0	46.6	48.7	50.6	53.2	55.1	58.5	60.4	63.1	66.4	70.0	73.3
4	36.7	37.7	39.5	41.4	43.1	45.0	46.8	49.1	51.3	53.4	55.5	58.5	61.0	63.7	66.6	69.6	73.9
3	36.8	38.2	39.6	41.4	43.5	45.2	47.7	48.9	51.3	53.5	56.2	58.6	61.2	64.3	67.5	69.6	73.9
2	36.4	38.2	39.4	41.3	42.6	44.9	46.4	48.2	51.1	53.0	55.2	58.6	60.6	63.4	66.6	70.1	73.3
1	36.4	38.7	40.0	41.9	43.6	45.7	47.3	49.0	51.2	53.5	56.1	58.7	61.2	64.0	67.0	70.0	73.3
16	36.6	37.8	39.5	41.6	43.0	45.2	47.3	49.1	51.0	53.4	55.6	58.3	60.7	63.7	66.8	69.9	73.3
15	36.4	38.3	39.6	41.6	43.5	45.7	47.7	49.5	51.4	53.8	56.2	58.8	61.7	63.9	67.0	70.1	73.9
14	37.2	38.2	39.7	41.6	43.4	45.3	47.1	49.1	50.9	53.1	56.2	59.0	61.2	63.7	67.1	71.0	74.0
13	36.4	38.0	39.9	41.3	42.7	45.2	46.7	48.6	50.7	53.4	55.1	58.5	60.5	63.9	66.7	69.8	73.4
12	36.1	37.8	39.6	41.3	42.8	44.6	46.1	48.2	50.8	53.2	55.6	57.9	60.3	63.6	66.2	69.3	73.3
11	35.7	37.2	39.1	41.4	43.0	44.5	46.5	48.3	50.7	53.2	55.2	57.9	60.2	63.1	65.8	69.0	72.4
10	35.6	37.1	38.6	40.9	42.4	43.9	46.6	47.9	50.4	52.9	54.5	57.1	59.5	62.2	65.0	68.5	71.8
9	35.3	36.5	38.0	40.1	41.7	43.6	45.9	47.5	49.9	52.2	54.3	56.9	59.4	62.2	65.3	68.3	72.1
8	34.9	36.7	37.8	39.4	41.7	43.4	45.5	47.3	49.6	52.2	53.7	57.4	59.3	62.2	65.3	68.2	72.0
7	34.8	36.6	37.4	39.3	40.9	42.4	44.9	47.0	49.4	51.4	53.6	56.2	58.3	61.6	64.9	68.4	72.2
6	34.1	35.1	36.9	38.9	40.3	42.6	44.6	46.6	48.1	51.2	53.2	56.1	58.1	60.6	63.9	66.4	70.1
5	33.9	35.3	37.0	38.5	40.3	42.0	43.9	46.1	47.5	50.3	52.2	55.1	57.7	60.1	63.1	65.9	69.3
4	33.9	35.0	36.4	38.3	40.2	41.8	43.3	45.2	47.3	49.4	51.7	53.8	56.4	58.6	62.1	65.1	68.3
3	32.8	34.4	35.5	37.0	39.1	40.4	42.7	44.4	46.7	48.2	50.5	52.9	55.0	57.9	61.0	64.0	67.1
2	32.8	34.4	35.5	37.0	39.1	40.4	42.7	44.4	46.7	48.2	50.5	52.9	55.0	57.9	61.0	64.0	67.1
1	32.4	33.6	34.7	36.8	38.5	40.0	41.8	43.1	45.2	47.5	49.4	52.2	53.9	56.9	59.8	62.7	65.9
16	32.9	34.0	35.3	36.5	38.5	40.5	42.2	44.2	46.3	48.1	50.2	52.5	55.1	57.5	60.1	63.0	66.8

		Dosis media con Matr-XX + Ms HCalc (cGy): $DM_{ij}(93^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	33.6	34.9	36.1	37.5	39.1	40.7	42.4	44.1	45.8	47.8	49.7	51.6	53.7	56.1	58.4	60.8	63.3
15	33.1	34.3	35.5	36.9	38.3	39.9	41.6	43.2	45.0	46.8	48.8	50.8	52.8	55.0	57.2	59.8	62.2
14	33.5	34.7	36.1	37.5	39.2	40.7	42.4	44.0	45.9	47.8	49.7	51.8	53.8	56.1	58.5	60.9	63.5
13	34.0	35.2	36.6	38.2	39.7	41.2	42.9	44.6	46.4	48.3	50.2	52.4	54.6	56.9	59.4	61.8	64.5
12	34.3	35.7	37.1	38.5	40.1	41.6	43.4	45.0	46.9	48.8	51.0	53.0	55.2	57.5	60.0	62.7	65.3
11	34.7	36.1	37.5	39.1	40.4	42.1	43.8	45.5	47.4	49.5	51.5	53.7	55.7	58.1	60.7	63.2	65.8
10	35.0	36.4	37.8	39.3	40.7	42.4	44.1	45.9	48.0	50.0	52.0	54.2	56.2	58.6	61.2	63.9	66.4
9	35.4	36.6	38.2	39.6	41.1	42.7	44.5	46.3	48.3	50.4	52.4	54.7	56.7	59.1	61.7	64.2	66.9
8	35.6	36.9	38.3	39.8	41.3	43.0	44.8	46.8	48.8	50.8	52.9	55.1	57.2	59.5	62.1	64.6	67.3
7	35.9	37.1	38.5	40.1	41.6	43.4	45.3	47.2	49.1	51.1	53.3	55.5	57.5	59.9	62.5	65.0	67.8
6	36.1	37.4	38.8	40.4	41.8	43.6	45.5	47.4	49.4	51.5	53.7	55.8	58.0	60.3	62.8	65.4	68.1
5	36.3	37.5	38.9	40.4	42.1	43.9	45.7	47.6	49.6	51.8	53.8	56.0	58.1	60.5	63.1	65.8	68.4
4	36.4	37.7	39.1	40.6	42.2	44.0	45.9	47.8	49.9	51.9	53.9	56.2	58.3	60.7	63.2	65.9	68.7
3	36.5	37.8	39.2	40.8	42.4	44.1	46.0	48.0	50.1	52.1	54.3	56.4	58.6	60.9	63.4	66.1	68.8
2	36.6	37.9	39.3	40.8	42.5	44.3	46.2	48.1	50.1	52.2	54.2	56.5	58.6	61.1	63.7	66.4	69.1
1	36.6	37.9	39.3	41.0	42.6	44.3	46.3	48.2	50.1	52.0	54.2	56.5	58.8	61.2	63.9	66.7	69.3
16	36.4	37.7	39.1	40.5	42.0	43.4	45.3	47.2	49.1	51.0	53.0	55.2	57.3	59.5	61.9	64.4	67.0
15	36.4	37.7	39.1	40.7	42.4	44.1	46.0	48.2	50.1	52.0	54.2	56.5	58.8	61.2	63.9	66.7	69.3
14	36.4	37.7	39.1	40.6	42.4	44.1	46.0	48.1	50.0	52.0	54.2	56.3	58.6	61.2	63.9	66.7	69.3
13	36.3	37.7	39.1	40.6	42.2	44.1	45.9	48.1	50.0	52.0	54.2	56.5	58.8	61.2	63.9	66.7	69.3
12	36.3	37.7	39.1	40.6	42.2	44.0	45.8	47.8	49.7	51.8	53.8	56.0	58.1	60.5	63.1	65.8	68.4
11	36.0	37.4	38.8	40.1	41.8	43.8	45.7	47.7	49.7	51.8	53.9	56.2	58.5	60.9	63.5	66.0	68.7
10	35.9	37.3	38.7	40.1	41.7	43.6	45.4	47.3	49.4	51.5	53.7	55.8	58.1	60.5	63.0	65.6	68.4
9	35.6	36.9	38.4	39.9	41.3	43.2	45.0	47.1	49.0	51.0	53.3	55.5	57.7	60.1	62.6	65.1	67.7
8	35.4	36.6	38.2	39.6	41.1	42.9	44.6	46.6	48.6	50.6	52.8	55.1	57.4	59.8	62.3	64.8	67.5
7	35.0	36.4	37.9	39.3	40.8	42.5	44.4	46.2	48.2	50.2	52.4	54.6	57.0	59.3	61.7	64.4	67.0
6	34.7	36.1	37.5	39.1	40.6	42.2	44.0	45.8	47.7	49.7	51.9	54.2	56.5	58.8	61.2	63.9	66.5
5	34.3	35.6	37.3	38.7	40.2	41.8	43.6	45.4	47.3	49.2	51.4	53.6	55.8	58.1	60.5	63.2	65.8
4	34.0	35.2	36.8	38.2	39.8	41.5	43.1	44.9	46.8	48.7	50.8	52.9	55.2	57.5	59.9	62.5	65.1
3	33.6	34.9	36.4	37.8	39.3	40.8	42.6	44.4	46.2	48.1	50.2	52.3	54.4	56.6	59.0	61.6	64.1
2	33.1	34.3	35.6	36.9	38.7	40.1	41.8	43.5	45.4	47.3	49.2	51.3	53.4	55.6	57.9	60.4	63.0
1	33.7	34.9	36.1	37.7	39.2	41.0	42.6	44.5	46.3	48.2	50.2	52.3	54.4	56.7	59.1	61.6	64.1

		Factores de corrección: $FC_{ij}(93^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	1.0026	1.0017	1.0021	1.0048	1.0024	1.0125	1.0197	1.0373	1.0552	1.0447	1.0607	1.0530	1.0597	1.0738	1.0645	1.0869	1.1071
15	0.9895	0.9973	0.9883	0.9953	1.0001	1.0003	1.0067	1.0150	1.0259	1.0336	1.0355	1.0389	1.0673	1.0558	1.0636	1.0813	1.0994
14	0.9928	0.9925	1.0095	1.0178	1.0101	1.0229	1.0250	1.0249	1.0366	1.0348	1.0350	1.0350	1.0597	1.0558	1.0485	1.0582	1.0745
13	1.0018	1.0043	1.0083	1.0081	1.0073	1.0273	1.0278	1.0274	1.0305	1.0347	1.0444	1.0488	1.0551	1.0621	1.0590	1.0785	1.0730
12	0.9981	0.9989	0.9989	1.0005	1.0005	1.0176	1.0193	1.0165	1.0101	1.0255	1.0174	1.0323	1.0379	1.0375	1.0458	1.0487	1.0714
11	0.9881	0.9986	0.9980	1.0005	1.0076	1.0193	1.0165	1.0101	1.0255	1.0174	1.0323	1.0379	1.0375	1.0458	1.0487	1.0714	1.0701
10	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
9	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
8	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
7	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
6	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
5	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
4	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
3	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
2	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
1	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636
0	0.9861	0.9956	0.9964	1.0117	1.0152	1.0068	1.0069	1.0225	1.0259	1.0259	1.0317	1.0350	1.0412	1.0422	1.0528	1.0636	1.0636

$FC_{ij}(94^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(94^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	344	354	376	376	389	405	424	445	459	484	498	527	545	571	595	624	652	680	706	748	780	819	857	904	949	989	1034	1076	1112	1145	1160		
15	337	348	366	379	394	413	434	456	475	490	511	538	562	581	607	637	665	692	721	761	794	845	885	928	971	1019	1058	1100	1145	1188	1231	1276	
14	340	359	369	388	407	423	442	457	481	505	528	550	567	596	626	661	688	712	735	770	812	852	895	940	992	1038	1083	1131	1164	1209	1248	1287	
13	345	360	373	390	411	427	447	462	484	510	528	552	577	606	628	661	687	721	753	792	824	869	913	953	1003	1045	1090	1139	1181	1220	1270	1308	
12	353	364	381	397	418	435	454	468	494	509	535	558	582	605	636	669	696	731	766	800	831	878	917	962	1006	1054	1102	1147	1190	1236	1279	1325	
11	350	365	381	403	419	439	453	473	497	517	542	568	586	618	637	668	696	732	762	795	833	878	925	972	1018	1066	1102	1141	1185	1231	1275	1324	
10	358	377	387	407	423	444	458	475	505	524	543	568	592	619	650	678	705	737	765	808	850	887	931	969	1023	1066	1114	1159	1201	1242	1282	1328	
9	359	374	391	408	427	448	465	480	500	526	549	568	596	626	646	673	703	740	771	803	848	885	936	982	1027	1075	1114	1157	1198	1239	1283	1327	
8	360	374	392	408	426	451	468	487	509	528	549	575	598	625	653	686	713	743	769	809	849	892	936	983	1017	1076	1114	1158	1192	1235	1284	1332	
7	362	380	396	415	432	451	469	491	509	534	555	582	606	629	656	682	718	748	781	815	851	894	935	979	1021	1070	1115	1162	1199	1241	1275	1314	
6	365	384	397	420	432	455	473	492	516	536	556	580	605	634	667	698	728	754	782	818	858	903	944	983	1030	1080	1115	1158	1200	1246	1283	1317	
5	370	384	403	421	433	456	481	493	518	538	565	591	614	638	665	696	727	755	791	825	859	908	948	989	1036	1082	1131	1165	1207	1244	1281	1323	
4	370	385	404	427	438	458	481	498	521	541	564	591	613	639	671	698	727	759	788	828	865	904	942	985	1033	1082	1123	1166	1202	1244	1278	1317	
3	376	393	407	427	442	459	475	495	521	545	562	589	612	638	672	695	722	753	789	827	870	902	948	993	1035	1077	1119	1166	1198	1235	1273	1313	
1	375	385	407	426	444	457	484	500	523	546	565	591	618	646	667	701	726	764	790	828	869	906	945	993	1038	1088	1122	1164	1206	1243	1286	1324	
1	374	388	405	426	444	456	477	499	526	545	564	590	610	641	666	693	722	759	785	828	864	911	945	984	1032	1082	1122	1165	1208	1248	1287	1328	
1	378	391	405	429	443	464	480	503	519	540	572	595	620	640	662	698	728	764	789	823	861	910	946	988	1031	1079	1121	1172	1205	1256	1293	1334	
3	372	391	405	426	439	462	480	499	523	541	569	595	619	646	666	697	729	765	792	821	858	903	946	989	1040	1088	1128	1167	1211	1253	1292	1334	
4	372	385	399	422	440	458	475	489	518	537	567	594	617	644	671	700	725	754	780	814	856	897	936	981	1029	1083	1118	1159	1205	1252	1292	1326	
5	369	384	399	418	435	455	474	495	514	539	563	591	609	634	667	699	728	755	780	822	860	900	936	985	1034	1073	1119	1168	1207	1248	1283	1320	
6	364	378	396	417	435	453	470	489	512	534	556	581	611	635	662	690	724	754	779	820	859	900	938	983	1035	1077	1126	1161	1200	1252	1289	1326	
7	365	378	395	413	431	450	471	489	509	533	554	582	609	629	659	689	713	745	780	813	842	883	925	971	1016	1067	1115	1160	1202	1240	1283	1325	
8	364	378	391	409	425	445	462	487	512	533	552	575	597	626	655	681	713	740	774	807	849	895	938	983	1035	1078	1115	1150	1189	1234	1283	1323	
9	360	371	388	406	423	445	464	482	503	524	555	577	602	626	651	677	711	736	771	809	847	892	931	973	1013	1063	1111	1156	1199	1236	1276	1321	
10	357	373	384	402	422	439	460	474	497	522	544	569	590	601	626	653	678	708	737	766	797	829	862	898	935	973	1014	1067	1120	1153	1193	1235	1286
11	356	363	379	399	422	434	452	477	495	517	536	562	582	609	638	664	692	727	757	795	834	878	914	969	1020	1066	1104	1152	1190	1234	1281	1333	
12	346	358	377	392	411	427	442	463	482	509	531	551	574	600	629	658	689	721	750	782	822	868	910	958	1002	1054	1091	1138	1184	1230	1273	1317	
13	343	358	370	384	404	423	439	458	479	505	528	552	573	599	626	651	681	709	736	777	810	853	897	944	988	1039	1088	1126	1178	1225	1259	1297	
14	344	359	382	401	417	433	455	472	496	513	534	559	583	606	636	661	687	723	753	786	833	875	920	965	1018	1068	1111	1157	1199	1244	1282	1324	
15	338	350	369	386	406	422	442	459	480	504	524	548	565	595	624	652	684	710	747	781	819	856	905	950	999	1042	1092	1126	1161	1191	1218	1260	
16	332	348	364	382	396	414	435	448	468	490	514	534	550	572	588	610	636	657	687	714	751	787	822	861	888	907	885	837	761	662	552		

Dosis medida con MatrXX + MultiCube (cGy): DM _{ij} (94°)																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	346	346	372	372	405	405	418	435	454	472	492	511	531	553	576	598	624	648	675	702	729	758	789	819	848	876	900	931	899	854	739		
15	337	351	364	379	394	411	427	445	463	482	502	522	543	564	588	612	638	664	692	720	749	781	814	848	885	923	964	1006	1050	1097	1146	1196	
14	342	355	370	384	401	417	435	453	472	492	512	533	553	576	600	624	650	677	705	734	765	798	832	867	904	945	988	1032	1080	1130	1177	1229	
13	346	360	375	391	406	422	440	459	478	497	517	539	560	583	609	634	659	687	715	746	776	809	843	880	919	956	995	1035	1077	1118	1164	1210	
12	351	364	379	396	411	427	444	463	482	502	524	545	567	590	615	642	667	695	724	754	784	817	850	886	924	967	1012	1059	1106	1156	1203	1255	
11	354	368	383	399	415	431	449	468	487	507	529	550	572	596	621	647	673	701	730	761	791	823	857	893	931	971	1017	1061	1110	1159	1205	1257	
10	357	372	385	402	422	434	451	472	492	512	534	555	577	601	626	653	678	708	737	766	797	829	862	898	935	975	1016	1063	1115	1163	1216	1266	
9	361	375	389	406	420	437	456	476	496	517	538	560	582	606	631	657	683	711	741	771	801	834	867	903	940	979	1022	1066	1112	1160	1207	1258	
8	365	379	393	410	425	443	460	481	500	521	543	564	587	611	635	662	689	716	746	776	806	839	874	908	946	984	1024	1065	1109	1153	1201	1252	
7	366	380	394	411	426	444	464	484	505	525	548	569	591	615	640	666	694	721	751	781	814	848	880	914	952	992	1032	1074	1118	1163	1210	1260	
6	368	382	397	414	431	449	470	491	512	534	557	579	602	626	651	677	704	732	761	791	822	854	887	921	956	996	1037	1079	1121	1165	1210	1260	
5	370	383	398	415	430	449	469	489	510	531	553	576	597	621	647	673	700	728	757	787	818	852	885	922	960	997	1037	1078	1118	1164	1210	1260	
4	372	384	399	416	432	451	470	489	511	531	553	576	598	621	648	675	702	729	758	787	819	852	886	922	960	998	1037	1077	1117	1164	1207	1258	
3	374	385	399	417	435	454	474	494	515	536	558	580	602	625	649	674	701	729	758	787	819	852	886	922	960	999	1038	1078	1118	1164	1207	1258	
2	373	385	401	417	434	451	472	492	512	534	554	577	600	625	652	678	705	732	761	789	819	852	885	921	967	1004	1032	1071	1111	1154	1200	1255	
1	374	387	401	418	435	451	473	492	512	533	554	577	600	624	652	680	706	733	761	790	819	851	884	919	956	994	1031	1071	1111	1154	1198	1250	
0	374	384	398	415	431	449	468	487	507	528	549	570	592	615	639	664	690	717	745	773	801	829	858	888	919	950	981	1020	1060	1100	1140	1180	1220
370	383	398	415	431	450	470	492	512	531	554	577	602	626	653	680	706	734	762	791	820	851	886	922	959	995	1035	1075	1114	1153	1196	1240		
370	384	398	415	432	451	470	492	512	533	554	577	602	626	653	680	708	734	763	793	823	856	889	924	961	999	1039	1078	1118	1161	1205	1255		
370	384	399	415	432	451	470	492	512	533	555	578	602	626	653	680	708	735	765	795	825	858	893	928	965	1003	1042	1083	1125	1168	1211	1262		
368	383	398	415	432	451	470	492	512	533	554	577	602	626	653	680	708	735	765	795	825	858	893	928	965	1003	1042	1083	1125	1168	1211	1262		
368	382	397	412	430	449	468	488	511	531	554	577	601	625	650	677	705	733	763	794	825	858	893	927	965	1003	1042	1084	1129	1173	1216	1266		
366	380	394	411	427	446	465	486	506	529	550	573	597	621	647	673	700	732	758	789	819	853	888	924	961	1000	1041	1080	1126	1172	1216	1265		
364	379	394	411	427	446	465	486	506	529	550	573	597	621	647	673	700	732	758	789	819	853	888	924	961	1000	1041	1080	1126	1172	1216	1265		
360	374	391	408	424	441	458	478	498	520	541	566	590	614	638	664	691	720	749	779	810	842	876	912	948	984	1023	1065	1107	1150	1193	1235		
358	372	387	402	418	435	454	473	493	515	538	560	585	609	633	661	686	715	744	773	804	837	870	907	943	984	1024	1067	1107	1150	1193	1235		
354	368	384	399	415	432	452	473	494	515	533	555	578	599	624	649	676	704	732	760	789	820	853	886	920	958	996	1037	1076	1116	1156	1200	1240	
350	364	380	396	412	429	446	465	484	505	526	549	573	597	621	648	675	702	732	762	793	824	858	895	932	970	1012	1066	1116	1164	1207	1260		
347	360	377	392	408	425	443	460	481	500	521	543	567	591	615	642	668	695	724	754	784	818	851	889	927	967	1013	1060	1110	1156	1200	1254		
342	356	372	387	403	420	437	455	474	495	516	536	559	582	606	633	658	686	715	744	775	808	841	877	914	955	999	1044	1092	1141	1184	1230		
339	351	365	380	396	413	431	449	467	486	506	528	551	574	598	624	650	678	707	736	767	798	831	866	902	939	980	1025	1070	1116	1161	1205	1250	
346	346	359	373	388	403	421	439	458	476	497	517	539	560	583	609	633	658	685	713	742	772	802	834	868	899	930	938	973	1002	1025	1052		

$FC_{ij}(95^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{95}(95^\circ)$																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	34.4	36.3	37.9	39.6	41.2	42.6	44.7	46.7	49.2	50.9	53.0	55.9	57.7	60.6	62.7	65.9
15	34.4	35.2	36.6	38.7	40.9	42.2	44.1	45.6	47.8	50.4	52.0	54.1	56.6	58.7	61.5	64.1
14	34.6	36.0	37.6	39.5	41.5	43.0	44.9	46.5	49.1	51.1	53.5	55.9	57.6	60.4	63.3	65.6
13	34.7	36.6	38.2	39.4	41.5	43.7	45.9	47.7	49.7	52.1	54.2	57.0	59.2	61.3	64.0	66.5
12	35.4	36.9	38.6	40.5	42.3	44.8	46.7	48.4	50.4	52.5	55.3	57.7	59.6	62.2	64.6	67.7
11	35.7	36.9	38.2	40.9	42.3	44.5	46.8	48.4	50.7	52.9	55.2	57.7	60.1	62.6	64.5	67.6
10	36.0	37.2	39.0	41.1	42.4	44.6	46.8	48.8	51.0	53.6	55.7	58.5	60.2	63.1	65.1	68.7
9	36.1	37.8	39.4	41.8	43.4	45.4	47.2	49.5	51.5	53.9	55.5	58.3	60.5	63.4	66.0	68.2
8	36.1	38.0	39.6	41.5	43.7	45.6	47.4	49.5	51.5	53.9	55.6	58.1	61.1	63.7	66.4	68.8
7	37.0	38.2	40.0	42.0	43.8	45.8	48.0	50.0	52.4	54.7	56.9	58.8	61.0	64.2	66.5	68.9
6	37.0	38.7	40.3	41.9	44.0	46.2	48.1	50.2	52.2	54.4	56.8	59.5	62.0	64.4	67.2	69.9
5	37.3	38.7	40.6	42.1	44.1	46.0	47.2	49.5	52.4	54.2	56.6	59.7	61.9	64.7	67.3	70.1
4	37.2	38.8	40.3	42.3	44.1	46.3	47.5	50.0	52.0	55.0	57.0	59.3	61.6	63.9	67.2	69.9
3	37.6	38.9	41.1	42.6	44.8	46.2	48.0	50.0	52.7	55.0	57.4	59.7	62.0	64.4	67.4	70.7
2	37.5	39.2	41.2	42.9	44.7	46.7	48.3	50.8	53.2	55.3	57.0	59.5	62.1	64.2	67.0	69.4
1	37.8	39.6	40.8	42.6	45.0	46.6	48.7	51.0	52.9	55.3	56.5	59.4	61.8	64.4	67.0	70.4
1	37.3	38.8	40.2	42.7	44.5	46.5	48.0	50.4	52.5	54.7	56.9	59.5	62.2	63.9	66.6	69.3
2	37.7	39.3	40.7	42.8	44.8	46.7	48.8	50.4	52.7	55.6	57.9	60.0	62.4	65.3	67.7	70.5
3	37.5	39.1	41.4	42.6	44.6	46.5	49.1	51.2	53.2	55.4	57.4	60.7	62.9	65.0	68.0	70.8
4	36.9	38.9	40.7	41.9	44.1	46.1	48.3	50.9	52.8	55.3	57.4	60.6	62.0	65.0	67.7	70.8
5	37.4	38.7	40.2	42.2	44.0	45.9	48.1	49.9	52.4	55.1	57.0	59.4	62.1	64.8	67.5	70.3
6	36.8	39.0	40.7	42.1	44.3	45.9	47.8	49.8	52.4	54.5	56.6	59.4	61.7	64.5	67.0	69.8
7	36.9	38.5	40.2	42.2	44.0	45.8	47.8	49.7	52.1	54.1	56.2	58.6	61.2	63.8	66.5	69.1
8	36.7	38.1	39.8	41.8	43.5	45.4	47.4	49.6	51.8	53.6	55.7	58.3	60.4	63.3	66.3	69.3
9	36.1	37.6	39.1	41.0	42.8	44.8	46.9	48.8	50.8	53.1	55.0	58.4	60.7	63.0	65.9	68.3
10	35.7	37.4	38.9	40.3	42.8	44.5	46.7	48.7	49.9	51.7	54.0	56.3	58.6	61.1	63.8	66.5
11	35.1	36.5	38.3	40.2	42.0	44.3	46.4	48.3	50.2	52.4	54.7	57.4	59.4	62.4	64.8	67.6
12	34.9	36.5	38.4	40.0	41.8	43.4	45.2	47.4	49.4	51.4	54.0	56.2	61.3	64.0	67.3	69.8
13	34.7	36.2	37.7	39.4	41.2	42.9	44.5	46.5	48.5	51.1	53.2	55.8	58.2	60.8	63.8	66.5
14	34.0	34.9	36.6	38.4	40.4	42.1	44.1	46.2	48.6	50.9	52.2	54.7	57.0	59.4	61.6	64.7
15	33.2	34.8	36.7	38.3	40.4	41.4	43.5	45.0	47.1	49.3	51.1	53.5	56.0	58.5	60.7	63.6
16	33.8	35.4	36.9	38.4	40.3	42.1	43.4	45.4	48.0	49.8	51.8	52.1	54.3	56.6	59.1	61.5

Dosis medida con Matr-XX + Ms HCalc (cGy): $DM_{95}(95^\circ)$																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	34.4	35.8	37.2	38.6	40.3	42.1	43.8	45.9	47.7	49.8	51.9	54.0	56.2	58.6	61.0	63.6
15	33.6	35.0	36.2	37.7	39.4	41.2	43.0	45.0	46.9	48.9	51.1	53.1	55.3	57.4	59.6	62.0
14	33.9	35.3	36.9	38.3	40.0	41.7	43.6	45.5	47.5	49.6	51.9	54.0	56.2	58.6	61.0	63.6
13	34.2	35.7	37.4	39.0	40.5	42.3	44.2	46.1	48.2	50.2	52.4	54.5	56.8	59.2	61.9	64.5
12	34.8	36.2	37.7	39.4	40.9	42.7	44.6	46.5	48.6	50.7	53.0	55.2	57.4	60.0	62.5	65.0
11	35.1	36.6	38.1	39.8	41.3	43.1	45.0	47.0	49.1	51.2	53.5	55.8	58.1	60.5	63.2	65.8
10	35.5	36.9	38.4	40.3	42.8	44.5	46.4	48.4	50.4	52.4	54.4	56.8	59.1	61.6	64.2	66.7
9	35.8	37.2	38.8	40.4	41.9	43.8	45.8	47.8	50.0	52.1	54.4	56.8	59.1	61.6	64.2	66.7
8	36.4	37.7	39.0	40.9	42.6	44.5	46.5	48.6	50.6	52.9	55.2	57.4	59.6	62.2	64.4	67.0
7	36.4	37.7	39.3	41.1	42.8	44.5	46.5	48.7	50.8	53.0	55.4	57.7	60.0	62.5	64.7	67.3
6	36.6	38.0	39.5	41.2	42.8	44.7	46.8	49.1	51.1	53.4	55.8	58.1	60.4	62.9	65.3	67.8
5	36.7	38.1	39.7	41.3	43.1	45.0	47.0	49.2	51.3	53.6	55.8	58.2	60.5	63.0	65.7	68.5
4	36.9	38.1	39.8	41.4	43.2	45.1	47.2	49.3	51.5	53.6	55.8	58.2	60.6	63.0	65.8	68.6
3	36.9	38.3	39.8	41.6	43.3	45.1	47.2	49.3	51.5	53.8	55.9	58.3	60.6	63.2	65.8	68.6
2	37.0	38.4	39.6	41.6	43.3	45.1	47.3	49.3	51.5	53.8	55.9	58.3	60.8	63.3	66.1	68.9
1	37.1	38.3	39.9	41.8	43.5	45.2	47.4	49.6	51.6	53.8	56.1	58.5	60.8	63.3	66.2	69.0
1	36.9	38.3	39.5	41.2	42.7	44.7	46.6	48.8	51.0	53.1	55.5	57.8	60.0	62.6	64.9	67.4
2	36.6	38.0	39.5	41.3	43.0	45.0	47.0	49.3	51.5	53.5	55.9	58.3	61.0	63.4	65.9	68.4
3	36.7	38.1	39.5	41.2	43.1	45.0	47.2	49.3	51.5	53.6	56.1	58.3	60.9	63.6	66.2	69.0
4	36.7	38.1	39.7	41.3	43.1	45.1	47.2	49.3	51.6	53.8	56.2	58.5	61.0	63.6	66.2	69.0
5	36.7	38.1	39.5	41.2	43.1	45.1	47.0	49.3	51.5	53.6	56.1	58.3	60.9	63.6	66.2	69.0
6	36.5	38.0	39.5	41.1	42.8	44.9	46.9	49.2	51.5	53.6	55.8	58.5	60.9	63.4	66.1	68.9
7	36.4	37.9	39.4	40.9	42.8	44.7	46.6	48.8	51.1	53.4	55.8	58.1	60.6	63.2	65.7	68.5
8	36.4	37.9	39.4	41.1	42.7	44.7	46.6	48.8	51.0	53.1	55.5	57.8	60.1	62.6	65.1	67.8
9	35.8	37.2	38.9	40.4	42.1	44.1	45.9	48.0	50.2	52.5	54.8	57.2	59.7	62.3	64.8	67.5
10	35.5	37.0	38.5	40.2	41.8	43.6	45.6	47.8	49.8	52.0	54.4	56.7	59.2	61.8	64.3	67.0
11	35.2	36.6	38.3	39.8	41.6	43.3	45.2	47.3	49.3	51.6	53.9	56.3	58.7	61.3	63.8	66.6
12	34.8	36.2	37.9	39.4	41.2	43.0	44.7	46.8	48.8	51.0	53.3	55.7	58.2	60.6	63.2	65.7
13	34.4	35.8	37.5	39.0	40.8	42.6	44.4	46.4	48.4	50.5	52.7	55.0	57.4	59.9	62.5	65.2
14	34.1	35.5	37.0	38.5	40.3	41.9	43.8	45.9	47.9	50.0	52.2	54.4	56.8	59.1	61.6	64.1
15	33.6	35.0	36.4	37.9	39.8	41.3	43.2	45.1	47.3	49.3	51.5	53.6	55.9	58.2	60.6	63.3
16	34.6	36.0	37.4	38.9	40.5	42.3	44.1	46.1	48.0	50.2	52.4	54.7	56.9	59.4	62.0	64.6

Factores de corrección: $FC_{ij}(95^\circ)$																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	1.0037	1.0189	1.0177	1.0305	1.0159	1.0105	1.0192	1.0197	1.0392	1.0230	1.0270	1.0383	1.0268	1.0349	1.0220	1.0399
15	1.0229	1.0027	1.0084	1.0145	1.0300	1.0138	1.0088	1.0216	1.0296	1.0153	1.0248	1.0190	1.0131	1.0222	1.0317	1.0297
14	1.0200	1.0119	1.0277	1.0350	1.0332	1.0299	1.0303	1.0290	1.0364	1.0322	1.0310	1.0201	1.0242	1.0301	1.0227	1.0235
13	1.0119	1.0243	1.0261	1.0307	1.0179	1.0286	1.0344	1.0288	1.0248	1.0319	1.0313	1.0227	1.0380	1.0296	1.0189	1.0226
12	1.0111	1.0111	1.0181	1.0234	1.0289	1.0441	1.0437	1.0343	1.0382	1.0297	1.0386	1.0376	1.0289	1.0386	1.0282	1.0359
11	1.0092	0.9963	0.9933	1.0200	1.0182	1.0308	1.0374	1.0247	1.0261	1.0135	1.0108	1.0215	1.0209	1.0302	1.0220	1.0347
10	1.0150	1.0043	1.0118	1.0283	1.0149	1.0152	1.0210	1.0196	1.0202	1.0176	1.0207	1.0248	1.0250	1.0225	1.0153	1.0294
9	1.0016	1.0099	1.0177	1.0280	1.0375	1.0239	1.0231	1.0244	1.0218	1.0236	1.0140	1.0186	1.0140	1.0219	1.0250	1.0090
8	1.0005	1.0013	1.0088	1.0189	1.0287	1.0364	1.0429	1.0488	1.0543	1.0596	1.0646	1.0694	1.0742	1.0790	1.0838	1.0884
7	1.0019	1.0071	1.0067	1.0163	1.0255	1.0380	1.0420	1.0212	1.0268	1.0232	1.0311	1.0108	1.0143	1.0228	1.0170	1.0101
6	1.0005	1.0017	1.0042	1.0047	1.0134	1.0228	1.0216	1.0158	1.0061	1.0111	1.0065	1.0146	1.0120	1.0112	1.0108	1.0171
5	1.0011	1.0014	1.0084	1.0177	1.0269	1.0359	1.0449	1.0539	1.0629	1.0719	1.0809	1.0899	1.0989	1.1079	1.1169	1.1259
4	1.0143	1.0155	1.0080	1.0100	1.0146	1.0171	1.0033	1.0030	1.0109	1.0215	1.0104	1.0108	1.0046	1.0022	1.0126	1.0149
3	1.0300	1.0328	1.0328	1.0373	1.0258	1.0419	1.0401	1.0061	1.0052	1.0180	1.0167	1.0297	1.0233	1.0109	1.0082	1.0103
2	1.0104	1.0223	1.0065	1.0221	1.0228	1.0270	1.0265	1.0165	1.0188	1.0275	1.0221	1.0172	1.0153	1.0232	1.0262	1.0178
1	1.0013	1.0279	1.0217	1.0195	1.0277	1.0292	1.0291	1.0207	1.0204	1.0288	1.0206	1.0149	1.0134	1.0252	1.0255	1.0162
16	1.0104	1.0046	1.0055	1.0146	1.0246	1.0172	1.0095	1.0131	1.0117	1.0193	1.0095	1.0119	1.0134	1.0096	1.0077	1.0095
15	1.0021	1.0005	1.0071	1.0210	1.0306	1.0299	1.0349	1.0117	1.0290	1.0374	1.0333	1.0262	1.0145	1.0189	1.0152	1.0141
14	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023
13	1.0033	1.0066	1.0284	1.0056	1.0140	1.0126	1.0147	1.0254	1.0197	1.0329	1.0219	1.0329	1.0138	1.0210	1.0206	1.0228
12	1.0025	1.0152	1.0179	1.0160	1.0057	1.0093	1.0166	1.0095	1.0161	1.0153	1.0057	1.0149	1.0152	1.0190	1.0148	1.0187
11	1.0016	1.0016	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024
10	1.0216	1.0143	1.0167	1.0288	1.0225	1.0146	1.0066	1.0177	1.0141	1.0086	1.0044	1.0068	1.0116	1.0154	1.0243	1.0161
9	1.0126	1.0080	1.0055	1.0136	1.0189	1.0083	1.0023	1.0111	1.0121	1.0044	1.0044	1.0064	1.00985	1.0086	1.0128	1.0158
8	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017
7	1.0007	1.0006	1.0018	1.0066	1.0222	1.0175	1.0242	1.0164	1.0226	1.0092	1.0141	1.0203	1.0234	1.0131	1.0207	1.0137
6	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192	1.0192
5	1.0062	1.0094	1.0081	1.0143	1.0086	1.0241	1.0231	1.0234	1.0134	1.0071	1.0088	1.0165	1.0106	1.0199	1.0181	1.0137
4	1.0133	1.0166	1.0233	1.0210	1.0223	1.0142	1.0089	1.0125	1.0096	1.0067	1.0162	1.0216	1.0094	1.0061	1.0105	1.0125
3	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012
2	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019
1	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019

$FC_{ij}(100^\circ)$

Datos calculados con TPS (cGy): $DC_{ij}(100^\circ)$																
Detección	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	34.4	35.9	37.9	39.0	41.1	43.2	44.6	47.0	48.6	50.6	52.9	55.3	57.4	60.5	62.6	65.2
15	33.9	35.4	36.8	38.4	40.7	42.2	44.1	45.4	47.9	50.2	52.0	54.6	56.9	58.9	62.2	64.6
14	34.6	36.3	37.8	39.3	41.3	43.1	44.5	47.0	48.8	50.8	53.5	55.4	57.4	60.3	62.8	65.5
13	34.7	36.4	37.9	39.7	41.8	43.3	45.4	47.5	49.9	51.8	53.8	56.1	58.9	61.9	71.8	75.6
12	35.6	37.3	38.5	40.2	42.3	43.7	46.6	48.7	50.1	51.7	54.3	56.6	58.5	61.8	64.5	67.5
11	35.6	37.3	39.0	40.9	42.9	44.3	46.6	48.4	50.5	52.4	55.0	57.0	59.6	61.9	64.7	67.8
10	36.6	37.8	39.0	41.2	43.2	44.6	46.5	48.9	51.2	53.0	55.4	58.4	60.5	62.7	64.9	68.0
9	36.4	38.1	39.2	41.9	43.3	45.2	46.8	48.6	51.1	54.1	55.4	58.1	60.5	62.8	66.1	68.0
8	36.7	38.2	39.9	41.7	42.9	45.2	47.3	49.2	51.5	53.8	56.0	58.6	59.5	63.2	66.0	69.0
7	37.0	38.2	40.3	41.9	44.1	46.2	47.8	50.1	52.1	54.1	56.2	59.0	60.6	63.9	66.3	69.2
6	37.2	38.7	40.5	42.2	44.4	46.4	48.7	50.3	52.0	54.4	57.0	60.3	61.8	64.2	66.7	69.3
5	37.3	38.7	40.8	42.7	44.8	46.0	48.0	50.4	52.6	54.7	56.8	58.9	61.2	64.8	67.0	69.8
4	37.9	39.2	40.9	43.1	44.8	46.4	48.4	50.6	52.7	55.2	57.0	59.5	61.6	64.7	67.5	70.2
3	37.5	39.7	41.3	43.2	44.7	46.7	48.9	50.7	52.9	55.1	57.3	60.0	62.3	64.6	67.5	70.2
2	37.7	39.0	40.8	43.0	44.9	46.9	48.5	50.5	53.4	55.5	57.1	59.6	62.6	65.3	67.5	70.7
1	38.5	40.0	40.9	43.0	45.0	46.5	48.7	50.7	53.0	55.3	57.8	60.5	62.7	65.0	68.4	70.8
16	38.0	39.5	41.2	42.9	44.6	46.7	49.0	50.9	52.9	54.9	57.3	59.7	62.5	64.9	67.8	70.3
15	38.3	39.7	41.1	43.4	44.6	47.1	48.9	50.6	53.3	54.9	57.9	60.2	62.3	64.9	67.3	70.8
14	37.5	38.8	40.5	42.6	44.5	46.9	48.4	50.1	53.3	55.7	57.4	60.0	62.6	64.9	67.9	70.3
13	37.1	38.8	40.7	42.4	44.7	45.9	47.7	50.2	52.4	54.7	57.5	60.2	61.7	64.4	67.4	70.3
12	37.3	38.8	40.9	42.8	44.9	46.0	48.3	50.2	52.6	54.6	57.0	59.1	61.3	64.3	67.4	69.9
11	37.1	39.0	40.4	42.6	44.1	45.8	48.0	49.8	52.1	54.4	56.7	59.1	61.5	64.3	66.6	69.7
10	37.0	38.4	40.4	41.9	43.9	45.6	47.4	49.7	51.9	54.4	55.9	58.7	61.5	63.6	66.1	68.7
9	36.9	38.6	40.0	41.7	43.6	45.5	47.5	49.7	51.1	53.9	55.7	58.3	60.9	63.2	65.7	67.9
8	36.5	37.8	39.5	41.2	42.9	45.1	46.8	48.9	50.4	53.0	55.1	57.9	60.6	62.5	64.9	67.7
7	36.0	37.6	39.1	40.8	42.8	44.1	45.9	48.4	50.5	52.8	55.2	57.6	60.1	62.7	65.8	68.5
6	35.3	37.1	38.6	40.1	42.2	43.7	45.3	47.8	49.5	52.2	54.6	56.8	59.5	61.8	64.7	67.0
5	35.3	37.0	38.2	39.7	41.5	43.5	45.2	47.2	49.4	51.4	53.8	56.0	58.7	61.3	63.5	66.0
4	34.7	36.2	37.7	39.7	41.1	43.1	45.2	47.0	48.8	51.1	53.5	56.0	57.9	59.6	63.4	65.4
3	34.5	36.2	37.7	39.7	41.1	43.1	45.2	47.0	48.8	51.1	53.5	56.0	57.9	59.6	63.4	65.4
2	33.7	35.2	35.9	37.9	39.7	41.1	43.1	44.9	47.1	49.1	51.5	54.0	55.4	58.4	60.7	63.0
1	34.3	35.5	36.9	38.5	40.0	42.1	43.5	45.7	47.9	49.5	52.0	54.4	56.1	58.5	60.9	63.5

Datos medidos con MatrixXX + MultiCube (cGy): $DM_{ij}(100^\circ)$																
Detección	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	34.5	35.8	37.1	38.5	40.2	41.8	43.5	45.4	47.1	49.2	51.1	53.2	55.3	57.7	60.1	62.5
15	33.8	35.1	36.3	37.8	39.4	40.9	42.7	44.5	46.3	48.3	50.3	52.4	54.6	56.8	59.1	61.6
14	34.4	35.5	37.1	38.5	40.7	41.7	43.5	45.2	47.2	49.0	51.2	53.3	55.5	57.8	60.2	62.8
13	34.1	36.0	37.6	39.1	40.9	42.2	44.0	45.8	47.7	49.7	51.7	53.8	56.1	58.4	61.0	63.6
12	35.1	36.6	38.0	39.5	41.1	42.7	44.4	46.2	48.3	50.2	52.4	54.4	56.8	59.1	61.6	64.1
11	35.5	36.9	38.4	39.9	41.4	43.1	44.9	46.7	48.6	50.7	52.9	55.1	57.3	59.7	62.3	64.9
10	35.8	37.2	38.6	40.2	41.7	43.4	45.2	47.1	49.2	51.2	53.4	55.6	57.8	60.2	62.8	65.5
9	36.2	37.5	39.0	40.5	42.1	43.8	45.6	47.5	49.5	51.6	53.8	56.1	58.3	60.7	63.3	65.9
8	36.4	37.8	39.3	40.9	42.5	44.1	46.1	48.0	50.1	52.3	54.6	56.8	58.9	61.4	63.8	66.4
7	36.7	38.1	39.5	41.2	42.7	44.5	46.5	48.4	50.3	52.5	54.7	56.9	59.1	61.6	64.2	66.8
6	36.9	38.2	39.8	41.3	42.9	44.8	46.7	48.8	50.7	52.9	55.1	57.3	59.5	61.9	64.5	67.1
5	37.1	38.4	39.9	41.4	43.1	44.9	46.8	48.9	50.8	53.0	55.1	57.4	59.6	62.0	64.6	67.3
4	37.2	38.5	39.9	41.6	43.2	45.0	47.0	48.9	51.0	53.0	55.1	57.4	59.6	62.0	64.6	67.3
3	37.3	38.5	40.0	41.7	43.2	45.0	47.0	48.9	51.0	53.0	55.1	57.4	59.6	62.0	64.6	67.3
2	37.3	38.6	40.0	41.7	43.4	45.0	47.1	49.0	51.0	53.0	55.1	57.4	59.6	62.2	64.7	67.4
1	37.3	38.6	40.2	41.8	43.4	45.0	47.1	49.0	51.0	53.0	55.2	57.5	59.7	62.2	65.0	67.7
16	37.1	38.5	39.8	41.3	42.9	44.8	46.7	48.5	50.4	52.4	54.4	56.4	58.4	60.4	62.4	64.4
15	37.1	38.4	39.8	41.4	43.0	44.9	46.7	48.9	50.8	52.8	55.0	57.3	59.7	62.2	64.9	67.6
14	37.1	38.5	39.8	41.3	43.1	44.9	46.8	48.9	50.8	52.8	55.1	57.4	59.7	62.2	64.9	67.6
13	37.1	38.4	39.8	41.4	43.0	44.9	46.8	48.9	50.8	52.8	55.2	57.4	59.7	62.3	65.0	67.6
12	36.4	37.5	39.0	40.7	42.4	44.2	46.1	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0
11	36.8	38.2	39.6	41.2	42.9	44.8	46.6	48.6	50.7	52.9	55.1	57.4	59.7	62.3	64.9	67.6
10	36.7	38.1	39.5	41.1	42.7	44.5	46.5	48.4	50.5	52.6	54.6	56.7	58.9	61.0	63.6	66.1
9	36.4	37.8	39.2	40.8	42.3	44.3	46.2	48.1	50.2	52.4	54.6	56.8	58.9	61.1	63.7	66.2
8	36.0	37.5	39.0	40.4	42.1	43.9	45.7	47.7	49.7	51.9	54.1	56.4	58.8	61.1	63.7	66.4
7	35.8	37.2	38.7	40.2	41.8	43.5	45.4	47.2	49.3	51.5	53.7	56.0	58.4	60.9	63.3	65.8
6	35.5	36.9	38.4	39.9	41.4	43.2	45.0	46.8	48.9	51.0	53.2	55.5	57.9	60.2	62.8	65.4
5	35.1	36.4	38.1	39.5	41.2	42.9	44.7	46.5	48.4	50.5	52.6	54.8	57.3	59.7	62.2	64.7
4	34.7	36.0	37.7	39.1	40.8	42.5	44.3	46.1	48.0	49.9	52.0	54.3	56.6	58.9	61.4	63.8
3	34.4	35.6	37.2	38.7	40.3	42.0	43.8	45.6	47.4	49.4	51.5	53.7	56.0	58.3	60.7	63.1
2	33.8	35.1	36.4	37.8	39.6	41.1	43.0	44.8	46.7	48.6	50.7	52.8	55.1	57.3	59.7	62.3
1	34.5	35.8	37.1	38.7	40.3	42.1	43.8	45.7	47.5	49.5	51.6	53.7	55.9	58.3	60.7	63.3

Factores de corrección: $FC_{ij}(100^\circ)$																
Detección _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	1.0073	1.0095	1.0225	1.0190	1.0169	1.0306	1.0251	1.0365	1.0387	1.0396	1.0404	1.0439	1.0369	1.0500	1.0357	1.0453
15	0.9992	1.0031	1.0120	1.0403	1.0344	1.0263	1.0193	1.0148	1.0363	1.0398	1.0340	1.0379	1.0292	1.0579	1.0526	1.0466
14	1.0073	1.0150	1.0274	1.0237	1.0253	1.0233	1.0476	1.0240	1.0337	1.0480	1.0358	1.0286	1.0257	1.0458	1.0341	1.0512
13	0.9993	1.0096	1.0183	1.0287	1.0254	1.0219	1.0281	1.0316	1.0380	1.0368	1.0361	1.0401	1.0456	1.0420	1.0349	1.0355
12	1.0079	1.0129	1.0096	1.0130	1.0237	1.0180	1.0464	1.0478	1.0364	1.0245	1.0319	1.0313	1.0223	1.0399	1.0400	1.0388
11	0.9939	0.9981	1.0003	1.0080	1.0205	1.0255	1.0347	1.0315	1.0307	1.0141	1.0249	1.0222	1.0268	1.0231	1.0199	1.0381
10	1.0228	1.0113	1.0059	1.0277	1.0306	1.0174	1.0189	1.0283	1.0300	1.0161	1.0267	1.0360	1.0414	1.0312	1.0282	1.0430
9	1.0131	1.0063	1.0104	1.0185	1.0207	1.0105	1.0189	1.0211	1.0168	1.0210	1.0198	1.0210	1.0207	1.0213	1.0256	1.0316
8	1.0062	1.0063	1.0164	1.0185	1.0207	1.0105	1.0189	1.0211	1.0168	1.0210	1.0198	1.0210	1.0207	1.0213	1.0256	1.0316
7	1.0048	0.9980	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
6	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
5	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
4	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
3	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
2	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
1	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
16	1.0073	1.0095	1.0225	1.0190	1.0169	1.0306	1.0251	1.0365	1.0387	1.0396	1.0404	1.0439	1.0369	1.0500	1.0357	1.0453
15	0.9992	1.0031	1.0120	1.0403	1.0344	1.0263	1.0193	1.0148	1.0363	1.0398	1.0340	1.0379	1.0292	1.0579	1.0526	1.0466
14	1.0073	1.0150	1.0274	1.0237	1.0253	1.0233	1.0476	1.0240	1.0337	1.0480	1.0358	1.0286	1.0257	1.0458	1.0341	1.0512
13	0.9993	1.0096	1.0183	1.0287	1.0254	1.0219	1.0281	1.0316	1.0380	1.0368	1.0361	1.0401	1.0456	1.0420	1.0349	1.0355
12	1.0079	1.0129	1.0096	1.0130	1.0237	1.0180	1.0464	1.0478	1.0364	1.0245	1.0319	1.0313	1.0223	1.0399	1.0400	1.0388
11	0.9939	0.9981	1.0003	1.0080	1.0205	1.0255	1.0347	1.0315	1.0307	1.0141	1.0249	1.0222	1.0268	1.0231	1.0199	1.0381
10	1.0228	1.0113	1.0059	1.0277	1.0306	1.0174	1.0189	1.0283	1.0300	1.0161	1.0267	1.0360	1.0414	1.0312	1.0282	1.0430
9	1.0131	1.0063	1.0104	1.0185	1.0207	1.0105	1.0189	1.0211	1.0168	1.0210	1.0198	1.0210	1.0207	1.0213	1.0256	1.0316
8	1.0062	1.0063	1.0164	1.0185	1.0207	1.0105	1.0189	1.0211	1.0168	1.0210	1.0198	1.0210	1.0207	1.0213	1.0256	1.0316
7	1.0048	0.9980	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
6	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
5	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
4	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
3	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
2	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
1	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
16	1.0073	1.0095	1.0225	1.0190	1.0169	1.0306	1.0251	1.0365	1.0387	1.0396	1.0404	1.0439	1.0369	1.0500	1.0357	1.0453
15	0.9992	1.0031	1.0120	1.0403	1.0344	1.0263	1.0193	1.0148	1.0363	1.0398	1.0340	1.0379	1.0292	1.0579	1.0526	1.0466
14	1.0073	1.0150	1.0274	1.0237	1.0253	1.0233	1.0476	1.0240	1.0337	1.0480	1.0358	1.0286	1.0257	1.0458	1.0341	1.0512
13	0.9993	1.0096	1.0183	1.0287	1.0254	1.0219	1.0281	1.0316	1.0380	1.0368	1.0361	1.0401	1.0456	1.0420	1.0349	1.0355
12	1.0079	1.0129	1.0096	1.0130	1.0237	1.0180	1.0464	1.0478	1.0364	1.0245	1.0319	1.0313	1.0223	1.0399	1.0400	1.0388
11	0.9939	0.9981	1.0003	1.0080	1.0205	1.0255	1.0347	1.0315	1.0307	1.0141	1.0249	1.0222	1.0268	1.0231	1.0199	1.0381
10	1.0228	1.0113	1.0059	1.0277	1.0306	1.0174	1.0189	1.0283	1.0300	1.0161	1.0267	1.0360	1.0414	1.0312	1.0282	1.0430
9	1.0131	1.0063	1.0104	1.0185	1.0207	1.0105	1.0189	1.0211	1.0168	1.0210	1.0198	1.0210	1.0207	1.0213	1.0256	1.0316
8	1.0062	1.0063	1.0164	1.0185	1.0207	1.0105	1.0189	1.0211	1.0168	1.0210	1.0198	1.0210	1.0207	1.0213	1.0256	1.0316
7	1.0048	0.9980	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
6	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
5	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
4	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
3	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
2	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
1	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
16	1.0073	1.0095	1.0225	1.0190	1.0169	1.0306	1.0251	1.0365	1.0387	1.0396	1.0404	1.0439	1.0369	1.0500	1.0357	1.0453
15	0.9992	1.0031	1.0120	1.0403	1.0344	1.0263	1.0193	1.0148	1.0363	1.0398	1.0340	1.0379	1.0292	1.0579	1.0526	1.0466
14	1.0073	1.0150	1.0274	1.0237	1.0253	1.0233	1.0476	1.0240	1.0337	1.0480	1.0358	1.0286	1.0257	1.0458	1.0341	1.0512
13	0.9993	1.0096	1.0183	1.0287	1.0254	1.0219	1.0281	1.0316	1.0380	1.0368	1.0361	1.0401	1.0456	1.0420	1.0349	1.0355
12	1.0079	1.0129	1.0096	1.0130	1.0237	1.0180	1.0464	1.0478	1.0364	1.0245	1.0319	1.0313	1.0223	1.0399	1.0400	1.0388
11	0.9939	0.9981	1.0003	1.0080	1.0205	1.0255	1.0347	1.0315	1.0307	1.0141	1.0249	1.0222	1.0268	1.0231	1.0199	1.0381
10	1.0228	1.0113	1.0059	1.0277	1.0306	1.0174	1.0189	1.0283	1.0300	1.0161	1.0267	1.0360	1.0414	1.0312	1.0282	1.0430
9	1.0131	1.0063	1.0104	1.0185	1.0207	1.0105	1.0189	1.0211	1.0168	1.0210	1.0198	1.0210	1.0207	1.0213	1.0256	1.0316
8	1.0062	1.0063	1.0164	1.0185	1.0207	1.0105	1.0189	1.0211	1.0168	1.0210	1.0198	1.0210	1.0207	1.0213	1.0256	1.0316
7	1.0048	0.9980	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
6	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
5	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
4	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
3	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
2	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
1	1.0048	1.0095	1.0181	1.0107	1.0209	1.0256	1.0210	1.0294	1.0314	1.0214	1.0318	1.0288	1.0233	1.0286	1.0294	1.0284
16	1.0073	1.0095	1.0225	1.0190	1.0169	1.0306	1.0251	1.0365	1.0387	1.0396	1.0404	1.0439	1.0369	1.0500	1.0357	1.0453
15	0.9992	1.0031	1.0120	1.0403	1.0344	1.0263	1.0193	1.0148	1.0363							

$FC_{ij}(105^\circ)$

		Dato calculado con TPS (cGy; $DC_{ij}(105^\circ)$)															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	34.2	36.1	37.4	38.7	40.8	42.5	44.0	46.1	48.0	50.4	52.4	54.0	56.6	59.3	61.6	64.8	67.2
15	33.9	35.1	36.4	38.1	40.1	41.7	43.6	45.5	46.8	48.9	51.1	53.7	55.6	57.5	60.3	63.2	66.2
14	34.2	36.1	37.0	39.1	41.0	43.0	44.7	46.4	48.4	50.4	52.9	54.7	57.3	59.2	61.6	64.3	68.0
13	35.0	36.3	37.7	39.6	41.6	43.3	45.6	46.6	48.9	51.4	53.3	55.7	58.5	60.3	63.1	66.1	72.0
12	34.7	36.3	38.2	40.2	42.0	43.8	45.4	47.6	49.6	51.8	53.8	56.3	58.5	61.4	63.7	66.6	73.2
11	35.3	36.6	38.6	40.0	42.1	43.6	45.6	47.8	50.1	52.0	55.1	56.8	58.8	61.2	64.0	67.0	73.4
10	35.6	37.1	39.1	40.7	43.0	43.6	45.9	48.2	50.5	52.7	54.7	57.0	59.6	62.0	64.6	67.6	73.5
9	36.6	37.4	38.8	41.1	42.9	44.2	46.3	48.1	50.3	52.7	54.7	57.2	59.6	62.6	64.9	68.1	71.0
8	36.4	38.0	39.7	41.3	43.0	44.3	46.5	48.6	50.8	53.2	55.4	57.9	60.1	62.6	65.1	68.3	71.5
7	36.8	38.2	39.7	42.0	43.6	45.5	47.5	49.1	51.4	53.7	56.0	58.6	61.2	63.3	66.2	68.8	72.0
6	36.2	38.3	40.0	41.6	44.2	45.7	47.8	49.9	52.1	54.1	56.3	59.0	60.9	63.7	66.5	68.9	72.1
5	36.5	38.1	40.2	42.0	43.4	45.2	47.0	49.2	51.5	54.0	56.1	59.0	61.1	63.5	66.2	68.8	71.8
4	37.2	38.6	39.9	41.8	43.9	45.8	48.1	49.5	51.9	54.2	56.8	59.3	61.4	63.4	65.5	69.9	72.8
3	37.5	38.8	40.8	42.1	43.9	46.5	48.2	50.3	52.2	54.4	56.7	58.8	61.7	64.6	67.6	70.1	73.0
2	37.4	39.4	40.3	42.9	44.6	46.4	47.8	50.3	52.2	53.9	56.3	59.2	61.6	64.2	67.5	69.5	73.7
1	37.9	39.5	40.9	42.6	44.3	46.4	47.8	50.1	52.1	55.0	57.3	59.5	62.4	65.1	67.5	70.8	72.9
1	37.3	39.3	41.0	42.6	44.0	46.4	48.4	49.9	52.3	54.0	56.7	59.2	61.8	64.6	67.4	70.3	73.8
2	37.5	39.3	40.5	42.8	44.5	46.3	48.5	50.1	52.2	54.5	56.9	59.1	61.5	64.6	67.8	70.0	73.5
3	37.7	38.8	40.3	42.1	44.3	46.4	48.3	50.2	52.6	54.4	57.3	59.7	62.0	64.1	67.0	69.7	72.5
4	37.2	39.0	40.7	42.3	44.2	46.3	47.7	49.3	51.8	54.6	56.5	59.1	62.1	64.2	66.8	69.9	73.0
5	37.3	38.5	40.5	42.5	44.5	45.8	47.5	49.6	51.7	54.1	56.0	58.7	61.1	64.0	67.2	69.7	72.8
6	36.7	38.5	40.2	41.9	43.4	45.5	47.5	50.2	51.8	53.9	56.4	58.6	60.9	63.8	66.3	69.2	72.7
7	36.5	38.4	39.4	41.6	43.3	45.0	47.5	49.5	51.2	52.9	55.6	58.5	60.9	63.1	65.9	68.5	71.6
8	36.3	37.9	39.5	41.1	43.3	45.0	46.7	49.3	51.3	53.1	55.6	58.2	60.9	63.6	66.0	70.4	74.2
9	36.3	37.4	39.7	40.9	42.7	44.3	45.6	47.6	50.0	52.0	54.6	57.6	59.8	62.2	65.2	67.5	70.5
10	35.2	37.3	38.4	40.9	42.1	43.9	45.3	47.2	50.0	52.1	54.4	57.4	59.7	61.9	64.2	67.4	70.4
11	35.7	37.0	38.6	40.1	42.1	43.3	44.6	47.1	49.7	51.8	53.9	56.4	59.1	61.3	64.1	67.1	69.8
12	35.3	36.1	37.9	39.9	41.8	43.6	45.0	46.6	48.8	51.1	53.4	55.4	58.1	61.1	62.8	66.0	72.1
13	34.6	35.8	37.3	39.0	40.8	42.8	44.4	46.3	48.6	50.7	53.1	55.1	57.8	59.6	62.5	65.6	70.3
14	34.1	35.6	36.6	38.9	40.2	42.2	43.6	45.3	47.7	49.6	51.9	54.6	56.4	58.3	61.1	63.9	66.8
15	33.6	35.1	36.0	37.2	39.0	40.9	42.9	44.7	46.5	48.5	50.5	53.1	55.4	58.1	60.7	62.8	65.8
16	33.8	35.3	36.5	38.2	40.1	41.5	43.6	45.1	46.9	49.2	51.1	54.6	56.5	58.4	60.5	63.1	66.2

		Dato medido con MatrixXX + MultiCode (cGy; DM (105°))															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	34.3	35.6	36.9	38.2	39.9	41.4	43.1	45.0	46.7	48.6	50.6	52.5	54.7	57.0	59.3	61.8	64.2
15	33.7	35.0	36.1	37.5	39.1	40.6	42.3	44.1	45.9	47.7	51.7	53.7	55.9	58.2	60.6	63.1	65.8
14	34.2	35.5	36.9	38.3	39.9	41.4	43.1	44.9	46.7	48.6	50.7	52.6	54.7	57.0	59.3	61.8	64.4
13	34.6	36.0	37.4	39.0	40.4	41.9	43.7	45.5	47.3	49.2	51.2	53.3	55.5	57.8	60.2	62.5	65.3
12	35.1	36.4	37.8	39.2	40.8	42.3	44.1	45.9	47.7	49.7	51.9	53.9	56.1	58.4	60.9	63.5	66.0
11	35.3	36.8	38.2	39.7	41.2	42.8	44.5	46.3	48.2	50.3	52.4	54.6	56.6	59.0	61.5	64.1	66.7
10	35.6	37.1	38.4	40.9	42.1	43.9	45.3	47.2	49.6	50.7	52.9	55.0	57.1	59.5	62.0	64.6	67.2
9	36.0	37.3	38.7	40.2	41.8	43.5	45.3	47.1	49.1	51.2	53.3	55.5	57.7	60.0	62.4	65.1	67.7
8	36.2	37.9	39.0	40.6	42.1	43.9	45.7	47.6	49.5	51.6	53.8	56.0	58.1	60.5	63.5	66.2	69.0
7	36.5	37.8	39.2	40.9	42.3	44.1	46.1	48.0	49.9	52.0	54.2	56.4	58.8	61.3	63.9	66.6	71.3
6	36.6	38.1	39.5	41.0	42.6	44.4	46.3	48.2	50.2	52.4	54.6	56.8	59.1	61.5	63.7	66.3	68.9
5	36.9	38.2	39.6	41.2	42.7	44.5	46.6	48.5	50.4	52.5	54.6	56.8	59.0	61.4	63.9	66.4	69.0
4	37.0	38.3	39.7	41.3	42.8	44.8	46.6	48.5	50.6	52.5	54.7	56.9	59.0	61.3	63.9	66.4	69.1
3	37.2	38.4	39.9	41.5	43.1	44.8	46.7	48.6	50.6	52.6	54.8	56.9	59.1	61.5	64.0	66.5	69.2
2	37.3	38.4	39.9	41.5	43.1	44.8	46.8	48.6	50.6	52.6	54.6	56.9	59.1	61.4	64.0	66.6	69.3
1	37.3	38.6	40.0	41.7	43.2	44.9	46.8	48.6	50.6	52.5	54.6	56.9	59.1	61.4	64.0	66.8	69.4
1	36.9	38.3	39.6	41.3	42.8	44.5	46.3	48.2	50.3	52.4	54.4	56.6	58.8	61.1	63.5	66.1	68.7
2	36.9	38.2	39.6	41.3	42.8	44.6	46.4	48.5	50.4	52.4	54.4	56.8	59.1	61.5	64.1	66.7	69.3
3	36.9	38.3	39.6	41.2	43.0	44.6	46.6	48.5	50.4	52.4	54.6	56.8	59.1	61.5	64.1	66.8	69.4
4	36.9	38.2	39.6	41.2	42.8	44.6	46.6	48.5	50.6	52.5	54.7	56.9	59.1	61.7	64.1	66.8	69.5
5	36.8	38.1	39.6	41.0	42.8	44.6	46.4	48.5	50.6	52.5	54.7	56.9	59.1	61.7	64.1	66.8	69.5
6	36.6	37.9	39.5	41.2	42.6	44.4	46.3	48.4	50.4	52.5	54.6	56.8	59.1	61.5	64.0	66.7	69.3
7	36.4	37.8	39.2	40.8	42.4	44.2	46.1	48.0	50.1	52.2	54.4	56.6	59.0	61.3	63.7	66.3	69.0
8	36.2	37.5	39.0	40.5	42.1	43.9	45.8	47.7	49.6	51.4	54.4	56.4	58.7	61.0	63.4	65.9	68.4
9	35.9	37.2	38.7	40.2	41.8	43.6	45.4	47.3	49.3	51.5	53.7	55.9	58.3	60.6	63.1	65.7	68.2
10	35.6	37.0	38.4	40.0	41.5	43.2	45.0	47.0	48.9	51.1	53.1	55.5	57.8	60.2	62.7	65.3	67.9
11	35.3	36.8	38.2	39.7	41.3	43.0	44.8	46.6	48.5	50.6	52.6	54.6	56.8	59.0	61.4	63.7	66.0
12	35.0	36.2	37.9	39.3	40.9	42.6	44.4	46.2	48.0	50.1	52.2	54.4	56.8	59.1	61.5	64.1	66.7
13	34.7	35.7	37.4	39.0	40.6	42.2	43.9	45.7	47.6	49.5	51.6	53.8	56.0	58.4	60.9	63.5	66.0
14	34.2	35.5	37.0	38.4	40.0	41.7	43.3	45.2	47.1	49.0	51.1	53.3	55.5	57.7	60.0	62.6	65.0
15	33.7	35.0	36.2	37.7	39.3	40.8	42.6	44.2	46.3	48.1	50.2	52.2	54.4	56.6	59.0	61.4	63.9
16	34.3	35.6	36.9	38.4	40.0	41.8	43.5	45.3	47.1	49.1	51.1	53.3	55.5	57.7	60.1	62.4	65.0

		Factores de corrección: FC _{ij} (105°)															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16	1.0017	1.0201	1.0317	1.0390	1.0499	1.0242	1.0210	1.0259	1.0348	1.0377	1.0413	1.0320	1.0345	1.0407	1.0323	1.0316	1.0480
15	1.0046	0.9997	1.0058	1.0044	1.0269	1.0214	1.0177	1.0296	1.0215	1.0242	1.0395	1.0447	1.0313	1.0299	1.0414	1.0471	1.0491
14	1.0009	1.0107	1.0103	1.0230	1.0353	1.0368	1.0378	1.0407	1.0357	1.0410	1.0354	1.0345	1.0380	1.0338	1.0469	1.0315	1.0597
13	1.0131	1.0081	1.0116	1.0104	1.0246	1.0289	1.0318	1.0259	1.0371	1.0370	1.0428	1.0366	1.0380	1.0321	1.0562	1.0359	1.0471
12	1.0263	1.0193	1.0243	1.0243	1.0293	1.0313	1.0293	1.0343	1.0343	1.0393	1.0393	1.0443	1.0443	1.0493	1.0493	1.0543	1.0543
11	1.0394	1.0324	1.0374	1.0374	1.0424	1.0424	1.0474	1.0474	1.0524	1.0524	1.0574	1.0574	1.0624	1.0624	1.0674	1.0674	1.0724
10	1.0525	1.0455	1.0505	1.0505	1.0555	1.0555	1.0605	1.0605	1.0655	1.0655	1.0705	1.0705	1.0755	1.0755	1.0805	1.0805	1.0855
9	1.0656	1.0586	1.0636	1.0636	1.0686	1.0686	1.0736	1.0736	1.0786	1.0786	1.0836	1.0836	1.0886	1.0886	1.0936	1.0936	1.0986
8	1.0787	1.0717	1.0767	1.0767	1.0817	1.0817	1.0867	1.0867	1.0917	1.0917	1.0967	1.0967	1.1017	1.1017	1.1067	1.1067	1.1117
7	1.0918	1.0848	1.0898	1.0898	1.0948	1.0948	1.0998	1.0998	1.1048	1.1048	1.1098	1.1098	1.1148	1.1148	1.1198	1.1198	1.1248
6	1.1049	1.0979	1.1029	1.1029	1.1079	1.1079	1.1129	1.1129	1.1179	1.1179	1.1229	1.1229	1.1279	1.1279	1.1329	1.1329	1.1379
5	1.1180	1.1110	1.1160	1.1160	1.1210	1.1210	1.1260	1.1260	1.1310	1.1310	1.1360	1.1360	1.1410	1.1410	1.1460	1.1460	1.1510
4	1.1311	1.1241	1.1291	1.1291	1.1341	1.1341	1.1391	1.1391	1.1441	1.1441	1.1491	1.1491	1.1541	1.1541	1.1591	1.1591	1.1641
3	1.1442	1.1372	1.1422	1.1422	1.1472	1.1472	1.1522	1.1522	1.1572	1.1572	1.1622	1.1622	1.1672	1.1672	1.1722	1.1722	1.1772
2	1.1573	1.1503	1.1553	1.1553	1.1603	1.1603	1.1653	1.1653	1.1703	1.1703	1.1753	1.1753	1.1803	1.1803	1.1853	1.1853	1.1903
1	1.1704	1.1634	1.1684	1.1684	1.1734	1.1734	1.1784	1.1784	1.1834	1.1834	1.1884	1.1884	1.1934	1.1934	1.1984	1.1984	1.2034
0	1.1835	1.1765	1.1815	1.1815	1.1865	1.1865	1.1915	1.1915	1.1965	1.1965	1.2015	1.2015	1.2065	1.2065	1.2115	1.2115	1.2165
16	1.0017	1.0201	1.0317	1.0390	1.0499	1.0242	1.0210	1.0259	1.0348	1.0377	1.0413	1.0320	1.0345	1.0407	1.0323	1.0316	1.0480
15	1.0046	0.9997	1.0058	1.0044	1.0269	1.0214	1.0177	1.0296	1.0215	1.0242	1.0395	1.0447	1.0313	1.0299	1.0414	1.0471	1.0491
14	1.0009	1.0107	1.0103	1.0230	1.0353	1.0368	1.0378	1.0407	1.0357	1.0410	1.0354	1.0345	1.0380	1.0338	1.0469	1.0315	1.0597
13	1.0131	1.0081	1.0116	1.0104	1.0246	1.0289	1.0318	1.0259	1.0371	1.0370	1.0428	1.0366	1.0380	1.0321	1.0562	1.0359	1.0471
12	1.0263	1.0193	1.0243	1.0243	1.0293	1.0313	1.0293	1.0343	1.0343	1.0393	1.0393	1.0443	1.0443	1.0493	1.0493	1.0543	1.0543
11	1.0394	1.0324	1.0374	1.0374	1.0424	1.0424	1.0474	1.0474	1.0524	1.0524	1.0574	1.0574	1.0624	1.0624	1.0674	1.0674	1.0724
10	1.0525	1.0455	1.0505	1.0505	1.0555	1.0555	1.0605	1.0605	1.0655	1.0655	1.0705	1.0705	1.0755	1.0755	1.0805	1.0805	1.0855
9	1.0656	1.0586	1.0636	1.0636	1.0686	1.0686	1.0736	1.0736	1.0786	1.0786	1.0836	1.0836	1.0886	1.0886	1.0936	1.0936	1.0986
8	1.0787	1.0717	1.0767	1.0767	1.0817	1.0817	1.0867	1.0867	1.0917	1.0917	1.0967	1.0967	1.1017	1.1017	1.1067	1.1067	1.1117
7	1.0918	1.0848	1.0898	1.0898	1.0948	1.0948	1.0998	1.0998	1.1048	1.1048	1.1098	1.1098	1.1148	1.1148	1.1198	1.1198	1.1248
6	1.1049	1.0979	1.1029	1.1029	1.1079	1.1079	1.1129	1.1129	1.1179	1.1179	1.1229	1.1229	1.1279	1.1279	1.1329	1.1329	1.1379
5	1.1180	1.1110	1.1160	1.1160	1.1210	1.1210	1.1260	1.1260	1.1310	1.1310	1.1360	1.1360	1.1410	1.1410	1.1460	1.1460	1.1510
4	1.1311	1.1241	1.1291	1.1291	1.1341	1.1341	1.1391	1.1391	1.1441	1.1441	1.1491	1.1491	1.1541	1.1541	1.1591	1.1591	1.1641
3	1.1442	1.1372	1.1422	1.1422	1.1472	1.1472	1.1522	1.1522	1.1572	1.1572	1.1622	1.1622	1.1672	1.1672	1.1722	1.1722	1.1772
2	1.1573	1.1503	1.1553	1.1553	1.1603	1.1603	1.1653	1.1653	1.1703	1.1703	1.1753	1.1753	1.1803	1.1803	1.1853	1.1853	1.1903
1	1.1704	1.1634	1.1684	1.1684	1.1734	1.1734	1.1784	1.1784	1.1834	1.1834	1.1884	1.1884	1.1934	1.1934	1.1984	1.1984	1.2034
16	1.0017	1.0201	1.0317	1.0390	1.0499	1.0242	1.0210	1.0259	1.0348	1.0377	1.0413	1.0320	1.0345	1.0407	1.0323	1.0316	1.0480
15	1.0046	0.9997	1.0058	1.0044	1.0269	1.0214	1.0177	1.0296	1.0215	1.0242	1.0395	1.0447	1.0313	1.0299	1.0414	1.0471	1.0491
14	1.0009	1.0107	1.0103	1.0230	1.0353	1.0368	1.0378	1.0407	1.0357	1.0410	1.0354	1.0345	1.0380	1.0338	1.0469	1.0315	1.0597
13	1.0131	1.0081	1.0116	1.0104	1.0246	1.0289	1.0318	1.0259	1.0371	1.0370	1.0428	1.0366	1.0380	1.0321	1.0562	1.0359	1.0471
12	1.0263	1.0193	1.0243	1.0243	1.0293	1.0313	1.0293	1.0343	1.0343	1.0393	1.0393	1.0443	1.0443	1.0493	1.0493	1.0543	1.0543
11	1.0394	1.0324	1.0374	1.0374	1.0424	1.0424	1.0474	1.0474	1.0524	1.0524	1.0574	1.0574	1.0624	1.0624	1.0674	1.0674	1.0724
10	1.0525	1.0455	1.0505	1.0505	1.0555	1.0555	1.0605	1.0605	1.0655	1.0655	1.0705	1.0705	1.0755	1.0755	1.0805	1.0805	1.0855
9	1.0656	1.0586	1.0636	1.0636	1.0686	1.0686	1.0736	1.0736	1.0786	1.0786	1.0836	1.0836	1.0886	1.0886	1.0936	1.0936	1.0986
8	1.0787	1.0717	1.0767	1.0767	1.0817	1.0817	1.0867	1.0867	1.0917	1.0917	1.0967	1.0967	1.1017	1.1017	1.1067	1.1067	1.1117
7	1.0918	1.0848	1.0898	1.0898	1.0948	1.0948	1.0998	1.0998	1.1048	1.1048	1.1098	1.1098	1.1148	1.1148	1.1198	1.1198	1.1248
6	1.1049	1.0979	1.1029	1.1029	1.1079	1.1079	1.1129	1.1129	1.1179	1.1179	1.1229	1.1229	1.1279	1.1279	1.1329	1.1329	1.1379
5	1.1180	1.1110	1.1160	1.1160	1.1210	1.1210	1.1260	1.1260	1.1310	1.1310	1.1360	1.1360	1.1410	1.1410	1.1460	1.1460	1.1510
4	1.1311	1.1241	1.1291	1.1291	1.1341	1.1341	1.1391	1.1391	1.1441	1.1441	1.1491	1.1491	1.1541	1.1541	1.1591	1.1591	1.1641
3	1.1442	1.1372	1.1422	1.1422	1.1472	1.1472	1.1522	1.1522	1.1572	1.1572	1.1622	1.1622	1.1672	1.1672	1.1722	1.1722	1.1772
2	1.1573	1.1503	1.1553	1.1553	1.1603	1.1603	1.1653	1.1653	1.1703	1.1703	1.1753	1.1753	1.1803	1.1803	1.1853	1.1853	1.1903
1	1.1704	1.1634	1.1684	1.1684	1.1734	1.1734	1.1784	1.1784	1.1834	1.1834	1.1884	1.1884	1.1934	1.1934	1.1984	1.1984	1.2034
16	1.0017	1.0201	1.0317	1.0390	1.0499	1.0242	1.0210	1.0259	1.0348	1.0377	1.0413	1.0320	1.0345	1.0407	1.0323	1.0316	1.0480
15	1.0046	0.9997	1.0058	1.0044	1.0269	1.0214	1.0177	1.0296	1.0215	1.0242	1.0395	1.0447	1.0313	1.0299	1.0414	1.0471	1.0491
14	1.0009	1.0107	1.0103	1.0230	1.0353	1.0368	1.0378	1.0407	1.0357	1.0410	1.0354	1.0345	1.0380	1.0338	1.0469	1.0315	1.0597
13	1.0131	1.0081	1.0116	1.0104	1.0246	1.0289	1.0318	1.0259	1.0371	1.0370	1.0428	1.0366	1.0380	1.0321	1.0562	1.0359	1.0471
12	1.0263	1.0193	1.0243	1.0243	1.0293	1.0313	1.0293	1.0343	1.0343	1.0393	1.0393	1.0443	1.0443	1.0493	1.0493	1.0543	1.0543
11	1.0394	1.0324	1.0374	1.0374	1.0424	1.0424	1.0474	1.0474	1.0524	1.0524	1.0574	1.0574	1.0624	1.0624	1.0674	1.0674	1.0724
10	1.0525	1.0455	1.0505	1.0505	1.0555	1.0555	1.0605	1.0605	1.0655	1.0655	1.0705	1.0705	1.0755	1.0755	1.0805	1.0805	1.0855
9	1.0656	1.0586	1.0636	1.0636	1.0686	1.0686	1.0736	1.0736	1.0786	1.0786	1.0836	1.0836	1.0886	1.0886	1.0936	1.0936	1.0986
8	1.0787	1.0717	1.0767	1.0767	1.0817	1.0817	1.0867	1.0867	1.0917	1.0917	1.0967	1.0967	1.1017	1.1017	1.1067	1.1067	1.1117
7	1.0918	1.0848	1.0898	1.0898	1.0948	1.0948	1.0998	1.0998	1.1048	1.1048	1.1098	1.1098	1.1148	1.1148	1.1198	1.1198	1.1248
6	1.1049	1.0979	1.1029	1.1029	1.1079	1.1079	1.1129	1.1129	1.1179	1.1179	1.1229	1.1229	1.1279	1.1279	1.1329	1.1329	1.1379
5	1.1180	1.1110	1.1160	1.1160	1.1210	1.1210	1.1260	1.1260	1.1310	1.1310	1.1360	1.1360	1.1410	1.1410	1.1460	1.1460	1.1510
4	1.1311	1.1241	1.1291	1.1291	1.1341	1.1341	1.1391	1.1391	1.1441	1.1441	1.1491	1.1491	1.1541	1.1541	1.1591		

$FC_{ij}(110^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(110^\circ)$														
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	33.3	34.8	36.4	38.1	40.1	41.8	43.2	45.2	47.3	49.7	51.9	53.4	55.7	58.0	60.5	63.6
15	32.5	34.7	35.9	37.7	39.4	40.7	42.6	44.1	46.5	48.5	50.3	53.4	55.2	57.4	59.9	64.4
14	34.0	35.3	36.8	38.5	40.0	41.5	43.6	45.0	47.7	49.5	51.1	53.5	55.8	58.4	61.4	63.4
13	34.2	35.7	36.7	38.9	40.7	42.1	43.9	45.7	48.3	50.0	51.6	54.9	57.2	59.2	61.6	67.4
12	34.4	36.2	37.5	39.1	41.4	42.5	44.3	46.7	48.8	51.0	53.2	55.6	57.5	60.3	62.6	65.0
11	34.6	36.3	37.8	39.6	40.9	43.4	45.4	46.6	49.0	51.9	53.3	56.0	57.8	60.8	63.3	66.1
10	35.4	36.5	38.3	40.1	42.2	43.0	46.9	49.4	51.5	53.8	56.2	58.2	60.8	63.2	73.3	75.0
9	35.7	37.2	38.9	40.5	42.4	43.9	46.1	47.9	50.3	52.0	54.0	56.1	58.9	61.5	65.5	66.6
8	35.9	37.5	38.6	41.0	42.6	44.8	46.4	48.0	50.0	52.7	55.1	56.9	59.2	61.6	64.2	67.2
7	36.1	37.6	38.9	40.7	42.7	44.6	46.6	48.4	50.7	52.7	54.9	57.4	59.6	62.4	65.0	67.4
6	36.5	38.1	39.7	41.2	42.9	44.6	46.2	48.7	50.6	53.1	55.0	57.8	59.6	63.2	65.4	67.7
5	36.2	37.9	39.7	41.5	43.3	45.0	47.1	49.0	50.8	52.9	55.4	58.1	60.6	62.4	65.3	68.1
4	36.8	37.8	39.9	41.7	43.6	45.1	46.6	48.8	51.0	53.9	55.8	58.2	60.4	62.7	65.6	68.5
3	36.8	38.5	39.9	41.7	43.7	45.1	47.1	48.9	51.1	53.5	55.7	58.4	60.8	62.6	66.0	68.5
2	36.8	38.9	40.5	41.5	43.4	45.0	46.9	49.0	51.3	53.8	55.9	58.3	61.0	63.3	66.0	68.8
1	37.0	38.6	40.4	42.6	44.0	45.6	47.4	49.6	51.9	53.8	56.5	59.0	61.6	63.3	68.8	71.3
16	38.7	40.7	42.6	44.0	45.8	47.5	49.6	51.8	53.5	55.7	58.1	60.6	63.0	65.4	68.4	71.3
15	36.9	38.5	40.3	41.9	43.5	45.3	47.4	49.0	51.4	53.5	55.8	58.6	60.5	62.9	65.9	68.2
14	36.8	38.1	39.9	42.0	43.4	45.2	47.4	49.4	51.5	54.2	56.2	58.5	60.5	63.4	65.7	68.7
13	36.5	38.3	40.0	41.9	43.6	45.1	47.4	48.9	51.1	53.1	55.5	58.1	60.4	62.9	65.7	68.4
12	36.4	38.0	39.6	41.4	43.3	45.1	46.8	48.3	51.4	53.4	55.6	58.4	61.1	62.9	65.2	68.8
11	36.4	37.8	39.1	40.5	42.4	44.5	46.1	48.5	50.3	52.5	55.3	58.0	60.2	62.6	64.9	68.2
10	35.9	37.6	38.9	40.8	42.4	44.4	46.6	47.7	50.7	52.1	54.7	57.4	59.7	61.8	64.5	67.3
9	35.9	37.3	38.5	40.6	42.7	44.1	46.4	48.2	50.6	52.2	54.4	56.8	59.2	61.3	64.4	67.0
8	35.5	37.0	38.3	40.3	42.2	43.7	45.1	47.3	49.6	51.5	54.0	56.4	58.4	60.8	64.4	67.3
7	35.2	36.5	38.0	39.6	41.3	42.7	44.1	45.8	47.7	49.8	51.8	55.1	56.0	58.4	60.8	63.3
6	34.5	36.5	37.9	39.7	41.2	43.5	45.1	46.9	49.0	51.5	53.3	55.7	57.7	59.7	62.7	65.8
5	34.2	35.9	37.3	39.1	40.7	42.2	44.6	46.4	48.9	50.6	52.4	55.0	57.4	60.2	62.6	65.0
4	34.0	34.9	36.6	38.5	40.1	41.9	43.6	45.6	47.6	49.8	52.3	54.7	56.9	58.9	61.7	64.2
3	33.6	34.9	35.9	37.8	39.2	40.8	42.6	44.6	47.0	49.1	50.8	53.3	55.8	59.0	61.5	64.0
2	32.7	33.9	35.5	36.9	38.8	40.5	42.0	43.3	46.0	47.6	49.4	52.7	54.3	56.8	59.2	61.3
1	33.5	34.5	36.5	37.5	39.1	40.5	42.3	44.0	46.3	48.5	50.3	52.4	55.1	57.6	59.6	61.8

		Dosis medida con MatrixXX + MultiCub (cGy): $DM_{ij}(110^\circ)$														
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	33.7	34.9	36.1	37.5	39.0	40.7	42.2	44.1	45.7	47.7	49.5	51.4	53.6	55.8	58.1	60.5
15	33.2	34.5	36.1	38.4	39.9	41.6	43.2	45.0	46.7	48.6	50.6	52.5	54.7	56.9	59.5	61.9
14	33.7	34.9	36.4	37.6	39.2	40.7	42.3	44.0	45.8	47.6	49.6	51.5	53.6	55.8	58.1	60.5
13	34.1	35.3	36.8	38.3	39.7	41.2	42.8	44.6	46.5	48.2	50.3	52.2	54.3	56.6	59.0	61.5
12	34.6	35.9	37.3	38.6	40.0	41.6	43.3	45.0	46.9	48.8	50.8	52.8	54.9	57.2	60.3	62.4
11	34.9	36.2	37.6	39.0	40.4	42.1	43.7	45.5	47.2	49.3	51.4	53.4	55.4	57.8	60.2	62.8
10	35.2	36.5	37.9	39.3	40.7	42.3	44.1	45.8	47.7	49.8	51.8	53.9	56.0	58.4	60.8	63.3
9	35.5	36.8	38.1	39.7	41.0	42.7	44.3	46.2	48.1	50.1	52.2	54.4	56.5	58.9	61.3	63.8
8	35.7	37.0	38.4	39.9	41.3	42.9	44.7	46.6	48.5	50.6	52.7	54.8	57.0	59.2	61.6	64.2
7	36.0	37.3	38.6	40.2	41.6	43.3	45.1	47.0	49.0	51.0	53.0	55.2	57.2	59.6	62.1	64.5
6	36.2	37.4	38.8	40.3	41.8	43.5	45.4	47.4	49.3	51.4	53.4	55.6	57.6	60.0	62.4	65.0
5	36.4	37.6	39.0	40.5	42.1	43.8	45.6	47.5	49.5	51.5	53.6	55.7	57.7	60.1	62.5	65.2
4	36.6	37.8	39.2	40.7	42.2	44.0	45.7	47.6	49.6	51.5	53.6	55.7	57.8	60.1	62.6	65.2
3	36.6	37.9	39.3	40.9	42.4	44.3	46.3	47.7	49.6	51.7	53.7	55.7	57.7	60.1	62.6	65.2
2	36.8	37.9	39.3	40.9	42.4	44.1	46.0	47.7	49.6	51.7	53.6	55.8	57.8	60.2	62.8	65.3
1	36.8	38.0	39.4	41.0	42.4	44.1	46.0	47.9	49.6	51.5	53.6	55.8	58.0	60.2	62.9	65.4
16	36.4	37.6	38.5	40.1	41.6	43.3	45.1	46.7	48.6	50.5	52.3	54.2	56.1	58.0	60.5	63.1
15	36.4	37.6	38.9	40.5	42.2	44.0	45.7	47.7	49.5	51.4	53.4	55.7	58.0	60.4	62.9	65.4
14	36.2	37.6	39.0	40.5	42.1	43.8	45.7	47.6	49.6	51.5	53.6	55.7	57.8	60.1	62.6	65.2
13	36.2	37.5	38.9	40.3	42.1	43.8	45.6	47.5	49.5	51.5	53.6	55.7	57.8	60.1	62.6	65.2
12	36.0	37.4	38.8	40.2	41.8	43.6	45.4	47.4	49.5	51.5	53.6	55.7	57.8	60.1	62.6	65.2
11	35.9	37.3	38.5	40.0	41.7	43.4	45.2	47.1	49.1	51.2	53.3	55.6	57.8	60.2	62.6	65.2
10	35.6	37.0	38.4	39.8	41.3	43.1	44.8	46.9	48.8	50.8	52.8	54.7	56.6	58.9	61.3	63.8
9	35.4	36.6	38.1	39.5	41.0	42.8	44.6	46.5	48.4	50.5	52.5	54.4	56.4	58.7	61.1	63.6
8	35.1	36.5	37.9	39.3	40.8	42.2	44.2	46.0	48.0	50.0	52.2	54.4	56.7	59.1	61.5	64.2
7	34.9	36.2	37.6	39.0	40.5	42.2	44.0	45.7	47.6	49.6	51.7	53.9	56.1	58.4	60.7	63.1
6	34.5	35.7	37.3	38.6	40.3	41.8	43.6	45.3	47.1	49.0	51.2	53.4	55.7	58.0	60.4	62.9
5	34.2	35.4	36.9	38.3	39.9	41.4	43.2	44.8	46.7	48.6	50.6	52.8	55.1	57.3	59.7	62.3
4	33.7	35.0	36.5	37.8	39.3	40.9	42.6	44.3	46.1	48.0	50.1	52.2	54.3	56.6	58.9	61.4
3	33.2	34.5	35.6	37.0	38.6	40.0	41.8	43.4	45.3	47.2	49.1	51.2	53.4	55.6	57.8	60.2
2	33.8	35.0	36.2	37.8	39.3	40.9	42.6	44.5	46.1	48.1	50.1	52.3	54.3	56.6	59.0	61.4
1	33.8	35.0	36.2	37.8	39.3	40.9	42.6	44.5	46.1	48.1	50.1	52.3	54.3	56.6	59.0	61.4

		Factores de corrección: $FC_{ij}(110^\circ)$														
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	0.9924	1.0044	1.0077	1.0212	1.0208	1.0257	1.0239	1.0274	1.0415	1.0424	1.0334	1.0423	1.0398	1.0396	1.0355	1.0542
15	0.9792	1.0020	1.0095	1.0116	1.0271	1.0130	1.0125	1.0162	1.0366	1.0375	1.0360	1.0611	1.0458	1.0409	1.0531	1.0452
14	1.0087	1.0058	1.0192	1.0254	1.0184	1.0189	1.0308	1.0309	1.0397	1.0373	1.0330	1.0343	1.0386	1.0393	1.0431	1.0371
13	1.0036	1.0055	1.0023	1.0104	1.0206	1.0186	1.0220	1.0200	1.0222	1.0304	1.0228	1.0498	1.0492	1.0409	1.0392	1.0488
12	0.9888	1.0018	1.0021	1.0073	1.0274	1.0180	1.0196	1.0225	1.0397	1.0405	1.0420	1.0447	1.0389	1.0476	1.0438	1.0338
11	0.9843	0.9958	0.9958	1.0096	1.0062	1.0229	1.0361	1.0204	1.0300	1.0340	1.0220	1.0314	1.0286	1.0455	1.0372	1.0488
10	1.0044	0.9951	1.0006	1.0226	1.0323	1.0506	1.0106	1.0133	1.0234	1.0164	1.0284	1.0278	1.0377	1.0322	1.0352	1.0452
9	1.0080	1.0018	1.0022	1.0073	1.0274	1.0180	1.0196	1.0225	1.0397	1.0405	1.0420	1.0447	1.0389	1.0476	1.0438	1.0338
8	1.0070	1.0010	1.0050	1.0209	1.0300	1.0301	1.0315	1.0461	1.0191	1.0318	1.0372	1.0265	1.0335	1.0371	1.0332	1.0399
7	0.9990	1.0014	1.0047	1.0067	1.0224	1.0287	1.0256	1.0242	1.0377	1.0239	1.0212	1.0316	1.0301	1.0248	1.0430	1.0376
6	1.0115	1.0045	1.0045	1.0045	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245
5	0.9953	1.0005	1.0013	1.0164	1.0293	1.0145	1.0271	1.0267	1.0194	1.0196	1.0281	1.0376	1.0384	1.0298	1.0363	1.0411
4	1.0008	0.9989	1.0000	1.0144	1.0276	1.0114	1.0221	1.0139	1.0241	1.0420	1.0330	1.0368	1.0324	1.0312	1.0389	1.0474
3	1.0145	1.0175	1.0155	1.0114	1.0289	1.0140	1.0249	1.0142	1.0154	1.0296	1.0383	1.0389	1.0417	1.0297	1.0110	1.0383
2	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243
1	1.0057	1.0169	1.0246	1.0286	1.0293	1.0275	1.0246	1.0316	1.0394	1.0422	1.0481	1.0542	1.0346	1.0378	1.0488	1.0477
16	1.0185	1.0185	1.0396	1.0345	1.0378	1.0314	1.0341	1.0262	1.0378	1.0403	1.0324	1.0439	1.0301	1.0374	1.0312	1.0326
15	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292
14	1.0066	1.0075	1.0077	1.0282	1.0167	1.0204	1.0222	1.0177	1.0282	1.0453	1.0449	1.0433	1.0374	1.0437	1.0360	1.0393
13	1.0117	1.0140	1.0270	1.0246	1.0270	1.0199	1.0270	1.0202	1.0269	1.0388	1.0341	1.0371	1.0369	1.0373	1.0406	1.0404
12	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132
11	1.0151	1.0163	1.0082	1.0070	1.0059	1.0126	1.0112	1.0127	1.0146	1.0058	1.0060	1.0090	1.0392	1.0456	1.0356	1.0413
10	1.0073	1.0122	1.0063	1.0178	1.0126	1.0128	1.0164	1.0119	1.0263	1.0137	1.0235	1.0308	1.0433	1.0313	1.0421	1.0403
9	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101
8	1.0121	1.0090	1.0059	1.0188	1.0252	1.0144	1.0307	1.0151	1.0212	1.0115	1.0437	1.0227	1.0211	1.0236	1.0410	1.0470
7	0.9955	0.9982	1.0008	1.0104	1.0111	1.0205	1.0233	1.0186	1.0219	1.0134	1.0309	1.0224	1.0300	1.0282	1.0443	1.0358
6	1.0099	1.0042	1.0060	1.0211	1.0143	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255
5	1.0030	1.0133	1.0104	1.0175	1.0174	1.0133	1.0221	1.0221	1.0255	1.0257	1.0257	1.0257	1.0257	1.0257	1.0257	1.0257
4	1.0051	0.9928	1.0001	1.0139	1.0147	1.0150	1.0136	1.0243	1.0241	1.0234	1.0388	1.0347	1.0325	1.0288	1.0320	1.0300
3	1.0031	1.0046	0.9983	1.0124	1.0100	0.9958	1.0098	1.0085	1.0204	1.0247	1.0312	1.0276	1.0348	1.0299	1.0218	1.0240
2	0.9976	0.9991	1.0076	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063
1	0.9951	0.9914	0.9914	0.9950	1.0080	0.9977	1.0062	1.0029	1.0087	1.0106	1.0086	1.0030	1.0189	1.0259	1.0167	1.0166
16	1.0087	1.0058	1.0192	1.0254	1.0184	1.0189	1.0308	1.0309	1.0397	1.0373	1.0330	1.0343	1.0386	1.0393	1.0431	1.0371
15	1.0036	1.0055	1.0023	1.0104	1.0206	1.0186	1.0220	1.0200	1.0222	1.0304	1.0228	1.0498	1.0492	1.0409	1.0392	1.0488
14	0.9888	1.0018	1.0021	1.0073	1.0274	1.0180	1.0196	1.0225	1.0397	1.0405	1.0420	1.0447	1.0389	1.0476	1.0438	1.0338
13	0.9843	0.9958	0.9958	1.0096	1.0062	1.0229	1.0361	1.0204	1.0300	1.0340	1.0220	1.0314	1.0286	1.0455	1.0372	1.0488
12	1.0044	0.9951	1.0006	1.0226	1.0323	1.0506	1.0106	1.0133	1.0234	1.0164	1.0284	1.0278	1.0377	1.0322	1.0352	1.0452
11	1.0080	1.0018	1.0022	1.0073	1.0274	1.0180	1.0196	1.0225	1.0397	1.0405	1.0420	1.0447	1.0389	1.0476	1.0438	1.0338
10	1.0070	1.0010	1.0050	1.0209	1.0300	1.0301	1.0315	1.0461	1.0191	1.0318	1.0372	1.0265	1.0335	1.0371	1.0332	1.0399
9	0.9990	1.0014	1.0047	1.0067	1.0224	1.0287	1.0256	1.0242	1.0377	1.0239	1.0212	1.0316	1.0301	1.0248	1.0430	1.0376
8	1.0115	1.0045	1.0045	1.0045	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245	1.0245
7	0.9953	1.0005	1.0013	1.0164	1.0293	1.0145	1.0271	1.0267	1.0194	1.0196	1.0281	1.0376	1.0384	1.0298	1.0363	1.0411
6	1.0008	0.9989	1.0000	1.0144	1.0276	1.0114	1.0221	1.0139	1.0241	1.0420	1.0330	1.0368	1.0324	1.0312	1.0389	1.0474
5	1.0145	1.0175	1.0155	1.0114	1.0289	1.0140	1.0249	1.0142	1.0154	1.0296	1.0383	1.0389	1.0417	1.0297	1.0110	1.0383
4	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243	1.0243
3	1.0057	1.0169	1.0246	1.0286	1.0293	1.0275	1.0246	1.0316	1.0394	1.0422	1.0481	1.0542	1.0346	1.0378	1.0488	1.0477
2	1.0185	1.0185	1.0396	1.0345	1.0378	1.0314	1.0341	1.0262	1.0378	1.0403	1.0324	1.0439	1.0301	1.0374	1.0312	1.0326
1	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292
16	1.0066	1.0075	1.0077	1.0282	1.0167	1.0204	1.0222	1.0177	1.0282	1.0453	1.0449	1.0433	1.0374	1.0437	1.0360	1.0393
15	1.0117	1.0140	1.0270	1.0246	1.0270	1.0199	1.0270	1.0202	1.0269	1.0388	1.0341	1.0371	1.0369	1.0373	1.0406	1.0404
14	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132	1.0132
13	1.0151	1.0163	1.0082	1.0070	1.0059	1.0126	1.0112	1.0127	1.0146	1.0058	1.0060	1.0090	1.0392	1.0456	1.0356	1.0413
12	1.0073	1.0122	1.0063	1.0178	1.0126	1.0128	1.0164	1.0119	1.0263	1.0137	1.0235	1.0308	1.0433	1.0313	1.0421	1.0403
11	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101	1.0101
10	1.0121	1.0090	1.0059	1.0188	1.0252	1.0144	1.0307	1.0151	1.0212	1.0115	1.0437	1.0227	1.0211	1.0236	1.0410	1.0470
9	0.9955	0.9982	1.0008	1.0104	1.0111	1.0205	1.0233	1.0186	1.0219	1.0134	1.0309	1.0224	1.0300	1.0282	1.0443	1.0358
8	1.0099	1.0042	1.0060	1.0211	1.0143	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255	1.0255
7	1.0030	1.0133	1.0104	1.0175	1.0174	1.0133	1.0221	1.0221	1.0255	1.0257	1.0257	1.0257	1.0257	1.0257	1.0257	1.0257
6	1.0051	0.9928	1.0001	1.0139	1.0147	1.0150	1.0136	1.0243	1.0241	1.0234	1.0388	1.0347	1.0325	1.0288	1.0320	1.0300
5	1.0031	1.0046	0.9983	1.0124	1.0100	0.9958	1.0098	1.0085	1.0204	1.0247	1.0312	1.0276	1.0348	1.0299	1.0218	1.0240
4	0.9976	0.9991	1.0076	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063
3	0.9951	0.9914	0.9914	0.9950	1.0080	0.9977	1.0062	1.0029	1.0087	1.0106	1.0086	1.0030	1.0189	1.0259	1.0167	1.0166
2	1.0087	1.0058	1.0192	1.0254	1.0184	1.0189	1.0308	1.0309	1.0397	1.0373	1.0330	1.0343	1.0386	1.0393	1.0431	1.0371
1	1.0036	1.0055	1.0023	1.0104	1.0206	1.0186	1.0220	1.0200	1.0222	1.0304	1.0228	1.0498	1.0492	1.0409	1.0392	1.0488
16	0.9888	1.0018	1.0021	1.0073	1.0274	1.0180	1.0196	1.0225	1.0397	1.0405	1.0420	1.0447	1.0389	1.0476	1.0438	1.0338
15	0.9843	0.9958	0.9958	1.0096	1.0062	1.0229	1.0361	1.0204	1.030							

$FC_{ij}(115^\circ)$

Datos calculado con TPS (cGy; DC ₅₀ (115°)																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16		34.5	35.5	36.9	38.0	39.3	41.0	42.7	43.6	45.7	47.5	49.8	52.1	54.3	56.7	59.5
15	34.3		35.1	36.1	37.0	38.7	40.3	41.9	43.3	45.3	47.1	49.3	51.3	53.6	55.7	58.4
14	35.6	36.2		37.4	38.5	39.9	40.8	42.6	44.2	46.5	48.3	50.3	52.8	54.4	57.0	59.2
13	35.8	37.1	37.6		39.4	40.7	41.6	43.6	45.5	47.1	48.7	50.7	53.8	55.9	57.6	60.3
12	36.8	37.4	38.3	40.2		41.4	42.9	44.3	46.0	47.7	49.7	51.6	53.5	56.3	58.6	61.1
11	37.1	38.0	38.5	40.0	41.1		42.7	44.4	45.7	47.9	50.4	52.1	54.8	56.2	59.1	62.1
10	36.9	37.9	38.9	40.4	41.7	43.2		44.7	46.2	48.2	50.1	52.6	55.0	57.0	60.0	61.7
9	37.3	38.4	38.9	40.7	41.8	43.5	45.2		46.8	48.9	51.1	52.7	55.4	57.3	59.7	62.8
8	37.6	38.4	39.6	41.1	42.2	43.7	46.0	47.2		49.4	51.3	53.0	55.4	57.6	60.4	62.7
7	37.9	39.0	39.9	41.2	42.5	44.0	45.7	47.4	49.7		51.2	53.6	56.0	57.9	61.1	63.1
6	38.3	38.9	40.0	41.2	42.6	44.3	46.1	47.9	49.7	51.8		53.8	56.3	58.3	60.7	63.2
5	37.9	39.3	40.3	41.4	43.1	44.9	46.5	48.2	49.7	52.6	53.7		56.9	58.2	61.2	64.4
4	37.8	39.5	40.2	41.5	42.9	44.8	46.4	48.4	50.1	52.4	54.2	57.1		59.3	61.5	63.9
3	38.3	39.4	40.6	41.8	43.5	45.1	46.4	48.2	50.2	52.5	54.6	56.9	59.6		61.8	64.4
2	38.6	39.8	40.9	41.7	43.9	45.4	46.7	48.5	51.0	52.8	54.5	57.1	59.5	61.7		64.8
1	38.8	39.8	41.0	42.4	43.7	45.2	46.7	48.8	50.5	52.6	54.7	57.3	59.5	62.0	64.4	
1	38.8	39.4	40.9	42.3	43.1	45.2	46.7	48.2	50.2	52.3	54.9	57.5	59.2	61.6	64.4	
2	38.5	39.6	40.5	42.4	43.3	45.1	46.9	48.7	50.0	52.6	54.8	57.1	59.3	61.7	64.5	
3	38.0	39.2	40.3	42.1	43.4	45.0	47.1	48.5	50.2	52.8	55.1	57.0	59.4	62.0	64.3	
4	38.6	39.4	39.8	40.9	42.8	44.4	46.3	47.9	50.0	52.6	55.1	56.9	58.8	61.2	64.0	
5	38.5	39.3	40.1	41.4	42.6	44.5	46.0	48.0	50.1	52.3	54.3	56.7	58.8	61.2	63.9	
6	38.0	39.2	40.2	41.5	42.8	44.6	45.9	47.5	49.4	51.5	53.5	55.7	58.3	60.5	63.7	
7	37.5	38.8	39.9	40.9	42.3	44.0	46.1	47.6	49.5	51.2	53.2	55.7	58.2	60.4	62.0	
8	37.4	38.4	39.4	40.7	42.2	43.7	45.2	46.8	48.7	51.0	53.3	55.8	58.0	60.1	63.1	
9	37.5	38.3	39.0	40.8	42.1	43.2	45.5	46.5	48.4	50.6	53.4	55.0	57.3	59.3	62.1	
10	37.3	38.1	38.8	39.9	41.0	42.2	44.5	46.3	48.3	50.8	54.5	56.7	59.2	61.6	64.1	
11	36.6	37.8	38.7	39.8	41.9	42.7	44.7	46.0	48.2	50.3	51.9	54.7	56.6	59.0	61.2	
12	36.2	37.3	37.9	39.1	41.0	42.2	43.8	45.4	46.8	49.5	51.5	53.7	54.8	57.6	60.9	
13	35.9	36.5	37.9	38.8	40.3	41.5	43.1	44.7	46.8	48.4	50.5	53.1	55.2	57.6	60.0	
14	34.8	35.8	36.7	37.9	39.7	40.8	42.1	43.6	46.1	47.2	49.1	52.0	54.2	56.3	58.8	
15	34.4	35.4	36.0	37.0	38.7	39.7	41.3	42.9	44.6	46.2	48.7	50.4	53.0	54.7	57.5	
16	34.2	34.9	35.9	37.0	38.1	40.0	41.9	43.5	45.0	47.0	48.8	51.5	54.1	55.8	57.7	

Datos medido con MatrixXX + MultiCode (cGy; DM (115°)																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16		35.7	36.3	37.0	37.8	39.0	40.2	41.5	43.1	44.6	46.5	48.2	50.0	52.0	54.2	56.4
15	35.8		36.5	36.9	37.8	38.6	39.8	41.0	42.5	44.0	45.6	47.4	49.2	51.1	53.1	55.7
14	36.4	37.0		37.8	38.5	39.4	40.5	41.9	43.3	44.9	46.6	48.4	50.2	52.2	54.2	56.5
13	36.9	37.4	38.2		39.2	40.1	41.1	42.5	43.9	45.5	47.2	49.0	50.8	52.9	55.1	57.4
12	37.3	38.0	38.7	39.6		40.4	41.6	42.8	44.3	46.0	47.7	49.5	51.5	53.5	55.7	58.4
11	37.6	38.4	39.1	39.9	40.8		42.0	43.3	44.8	46.3	48.2	50.1	52.0	54.1	56.3	58.7
10	37.9	38.6	39.3	40.2	41.0	42.2		43.7	45.1	46.8	48.3	50.6	52.5	54.5	56.7	59.2
9	38.2	38.8	39.6	40.5	41.4	42.6	43.9		45.5	47.2	49.0	50.9	53.0	55.1	57.2	59.7
8	38.4	39.1	39.8	40.7	41.6	42.8	44.3	46.0		47.6	49.4	51.4	53.4	55.4	57.6	60.0
7	38.6	39.2	40.1	40.9	41.9	43.2	44.6	46.2	48.0		49.7	51.8	53.7	55.7	58.0	60.4
6	38.7	39.4	40.2	41.1	42.1	43.4	44.9	46.6	48.2	50.1		52.2	54.1	56.1	58.2	60.4
5	39.0	39.6	40.4	41.4	42.4	43.7	45.1	46.8	48.5	50.3	52.3		54.3	56.3	58.6	60.9
4	39.2	39.8	40.5	41.5	42.5	43.8	45.5	46.9	48.6	50.5	52.3	54.3		56.3	58.4	60.4
3	39.2	39.9	40.7	41.6	42.6	43.9	45.5	47.1	48.6	50.5	52.3	54.3	56.3		58.4	60.4
2	39.3	39.9	40.7	41.7	42.7	44.0	45.5	47.1	48.8	50.5	52.3	54.3	56.4	58.6		61.1
1	39.3	40.1	40.8	41.9	42.7	44.0	45.6	47.2	48.6	50.3	52.3	54.5	56.4	58.6	61.1	
1	39.0	39.7	40.3	41.4	42.4	43.7	45.1	46.8	48.5	50.2	52.8	54.5	56.8	61.1	63.6	
2	39.0	39.6	40.3	41.4	42.4	43.8	45.3	46.9	48.5	50.2	52.2	54.2	56.5	58.7	61.1	
3	38.8	39.7	40.3	41.3	42.4	43.8	45.3	46.9	48.5	50.2	52.2	54.2	56.4	58.7	61.1	
4	38.7	39.4	40.3	41.3	42.2	43.7	45.1	46.8	48.5	50.2	52.3	54.3	56.5	58.8	61.1	
5	38.7	39.2	40.2	41.0	42.2	43.6	45.0	46.7	48.2	50.2	52.3	54.3	56.7	58.8	61.1	
6	38.5	39.3	40.1	40.9	42.0	43.3	44.9	46.6	48.4	50.2	52.2	54.3	56.4	58.7	61.1	
7	38.5	39.2	39.8	40.8	41.9	43.2	44.6	46.2	48.0	49.9	51.9	54.0	56.1	58.4	60.7	
8	38.2	39.0	37.7	40.5	41.5	42.8	44.3	46.0	47.7	49.5	51.5	53.7	55.7	57.9	60.2	
9	38.0	38.7	39.6	40.3	41.3	42.6	44.0	45.6	47.3	49.2	51.2	53.2	55.2	57.7	60.0	
10	37.8	38.5	39.3	40.1	41.0	42.2	43.7	45.3	46.9	48.4	50.7	52.9	55.1	57.4	59.7	
11	37.5	38.2	39.0	39.8	40.8	42.1	43.4	44.9	46.6	48.4	50.2	52.4	54.7	56.9	59.2	
12	37.1	37.8	38.7	39.4	40.5	41.6	43.0	44.5	46.1	47.8	49.7	51.8	54.1	56.3	58.6	
13	36.8	37.4	38.2	39.1	40.2	41.3	42.6	44.0	45.6	47.3	49.2	51.2	53.5	55.5	57.8	
14	36.3	36.9	37.8	38.6	39.6	40.8	42.1	43.6	45.1	46.8	48.6	50.6	52.8	54.8	57.1	
15	35.7	36.3	37.0	37.8	38.8	39.8	41.3	42.6	44.3	46.0	47.7	49.6	51.8	53.8	56.0	
16		35.7	36.3	36.9	38.0	39.1	40.4	41.7	43.3	44.9	46.7	48.6	50.7	52.6	54.8	

Factores de corrección: FC _{ij} (115°)																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16		0.9714	0.9839	0.9966	1.0120	1.0321	1.0585	1.0287	1.0441	1.0304	1.0236	1.0391	1.0461	1.0433	1.0466	1.0493
15	0.9555		0.9563	0.9763	0.9699	1.0355	1.0076	1.0088	1.0148	1.0310	1.0322	1.0410	1.0484	1.0449	1.0399	1.0611
14	0.9779	0.9770		0.9800	1.0030	1.0083	1.0050	1.0179	1.0274	1.0351	1.0428	1.0475	1.0545	1.0538	1.0459	1.0606
13	0.9707	0.9886	0.9840		0.9990	1.0106	1.0074	1.0233	1.0308	1.0285	1.0261	1.0339	1.0509	1.0531	1.0408	1.0360
12	0.9822	0.9771	0.9848	1.0116		1.0178	1.0258	1.0312	1.0325	1.0357	1.0369	1.0378	1.0295	1.0441	1.0465	1.0479
11	0.9777	0.9791	0.9767	0.9968	1.0021		1.0150	1.0222	1.0163	1.0263	1.0271	1.0331	1.0454	1.0391	1.0548	1.0446
10	0.9741	0.9771	0.9850	1.0073	1.0113	1.0122		1.0130	1.0140	1.0180	1.0115	1.0294	1.0330	1.0443	1.0299	1.0376
9	0.9701	0.9846	0.9844	0.9970	1.0128	1.0133	1.0206		1.0174	1.0270	1.0319	1.0282	1.0376	1.0318	1.0364	1.0494
8	0.9828	0.9793	0.9944	1.0106	1.0124	1.0073	1.0204	1.0127		1.0260	1.0304	1.0256	1.0267	1.0336	1.0384	1.0419

$FC_{ij}(120^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(120^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		41.6	42.1	43.1	44.1	45.1	46.1	47.1	48.1	49.1	50.1	51.3	52.3	53.3	54.3	55.3	57.3	60.0	62.6	64.4	67.6	70.9	73.5	77.4	80.7	84.6	88.3	91.9	96.4	100.2	104.6	107.4	
15	40.8		41.0	42.2	43.2	44.5	45.4	46.4	47.4	48.0	48.7	49.3	50.8	52.6	55.1	56.8	58.4	60.7	63.5	66.9	69.0	71.9	75.1	79.3	82.8	86.5	90.4	94.0	97.1	102.9	108.0	112.8	117.1
14	41.8	42.5		43.0	44.4	44.9	46.5	46.9	47.7	48.8	49.7	51.2	52.3	54.1	56.4	57.6	58.9	62.4	65.1	67.7	70.8	74.0	77.9	81.1	84.2	87.8	92.0	96.1	100.5	104.5	110.0	114.7	119.9
13	42.0	43.3	43.7		44.6	45.6	46.3	47.0	48.6	49.6	50.0	51.7	52.9	55.4	56.7	58.4	60.5	63.7	66.6	69.3	71.4	74.3	79.0	82.0	86.1	89.7	93.1	97.2	101.2	105.6	111.2	117.1	121.4
12	42.8	44.0	44.8	45.3		46.6	46.8	48.0	48.8	50.2	50.8	52.0	53.7	55.4	57.2	60.0	61.7	64.1	67.4	70.0	73.1	76.0	79.7	83.5	86.8	90.4	95.5	99.1	102.3	105.9	111.6	116.8	121.5
11	43.1	44.4	45.0	45.8	46.9		47.7	48.4	49.5	50.4	51.3	52.5	53.9	55.7	57.7	60.0	62.0	65.0	67.7	70.7	73.5	76.5	80.6	83.8	87.6	92.0	95.1	99.6	104.0	108.4	113.0	117.6	121.3
10	43.2	44.4	44.9	46.0	46.9	48.1		48.4	49.8	51.1	51.7	53.0	54.6	56.0	58.0	60.5	62.1	64.7	67.7	70.5	73.6	77.3	80.9	84.4	88.8	92.6	96.4	100.1	104.1	109.0	113.5	118.4	122.4
9	43.7	44.6	45.2	46.5	47.3	48.3	49.4		50.1	50.9	52.2	53.4	55.2	56.6	58.3	60.9	62.4	66.1	68.9	70.9	74.7	77.7	81.4	84.6	88.1	91.5	96.7	100.5	104.9	109.1	114.1	118.3	122.3
8	44.0	44.7	45.6	47.0	47.8	48.5	50.1	51.2		51.1	52.4	53.5	55.1	56.7	59.2	61.4	63.6	66.8	69.0	71.8	75.5	78.4	81.2	84.7	88.4	92.9	97.4	100.8	104.8	108.9	114.3	119.5	122.9
7	44.2	45.3	46.0	47.0	48.2	49.1	49.9	51.0	51.8		53.0	54.0	55.9	57.5	59.3	61.3	64.1	66.6	69.1	72.3	75.7	78.9	81.8	85.8	89.3	93.0	96.9	101.3	105.4	109.5	113.5	119.9	124.8
6	44.4	45.7	46.4	47.2	48.6	49.7	50.4	51.1	51.9	53.3		54.3	56.2	57.6	59.2	61.6	64.2	67.3	70.0	72.8	75.3	78.4	81.9	85.3	89.3	92.6	96.1	101.0	105.8	109.7	114.7	119.6	122.6
5	44.5	45.6	46.6	47.8	48.6	49.1	50.3	51.6	52.3	53.1	54.5		56.3	57.6	59.5	61.8	64.2	67.3	69.8	72.4	75.6	79.4	82.8	85.9	89.8	92.8	97.6	100.9	105.3	109.0	114.1	118.9	122.8
4	44.7	45.5	46.7	47.8	48.3	48.9	50.2	51.6	52.1	53.7	54.9	57.0		58.4	60.0	62.2	64.8	67.4	69.8	73.5	76.1	79.2	82.9	86.1	89.5	93.4	97.6	101.6	105.4	110.0	115.1	119.5	123.8
3	45.4	45.9	46.4	47.3	48.9	49.2	50.6	51.8	52.6	54.2	55.4	56.6	58.6		60.6	62.3	64.7	67.5	70.3	73.0	76.8	79.4	82.7	86.4	90.8	94.1	97.2	101.2	105.3	109.8	115.6	119.7	123.4
2	44.9	45.9	46.7	47.7	48.4	50.0	51.2	52.1	53.5	54.0	55.0	57.1	58.6	60.2		62.8	64.8	67.8	70.4	73.0	76.2	79.6	83.1	86.1	90.1	93.5	97.4	101.7	106.5	109.4	115.3	119.6	123.1
1	45.4	45.9	46.5	48.0	49.3	49.9	51.3	52.4	53.3	54.0	55.5	57.3	59.3	60.5	62.8	65.4		68.0	71.0	73.2	76.4	80.0	83.5	86.9	90.4	93.5	98.0	102.0	105.9	110.4	115.0	120.5	124.4
1	45.2	45.7	46.5	47.3	49.0	49.9	51.2	52.1	52.6	53.6	55.5	56.6	58.3	60.2	62.8	65.0	67.9		70.8	73.3	76.6	80.0	83.1	86.6	90.0	93.0	97.2	101.5	105.2	109.0	114.0	119.1	123.5
2	45.1	45.9	46.5	47.6	48.6	49.5	51.1	52.0	52.8	54.2	55.7	56.9	58.7	60.3	62.8	65.2	68.4	70.7		73.7	76.5	80.0	83.3	86.4	89.8	93.7	97.8	102.6	105.9	109.9	114.5	120.0	124.1
3	44.7	45.7	46.6	48.0	48.9	49.7	51.0	51.8	52.6	54.0	55.4	56.9	58.3	60.2	62.7	65.3	68.3	70.4	73.3		76.1	79.7	82.8	86.6	89.8	93.7	97.4	102.1	105.7	110.1	115.2	120.0	123.7
4	44.5	46.5	46.4	47.3	48.5	49.7	51.1	51.5	52.8	53.9	54.9	56.5	58.5	60.1	62.5	65.0	68.2	70.7	73.4	76.4		79.0	82.8	86.2	89.4	93.3	97.6	101.5	105.0	109.5	114.7	119.7	123.2
5	44.6	45.4	46.9	47.3	48.5	49.3	50.5	51.4	52.9	54.0	55.5	56.5	58.2	60.3	62.7	65.0	67.6	71.0	73.2	76.2		78.7	82.0	85.4	89.0	93.6	98.0	101.6	106.3	109.6	114.6	119.9	123.5
6	44.8	45.0	45.9	46.7	48.1	49.4	50.0	51.1	52.3	53.1	54.3	55.7	57.6	59.8	61.5	64.2	66.7	69.8	72.8	75.6		78.3	82.3	86.1	89.3	93.8	98.0	102.1	106.4	110.3	115.4	120.6	125.1
7	44.0	45.3	46.3	47.5	48.0	48.8	49.8	50.7	51.7	52.7	53.6	55.7	57.2	59.5	62.0	63.8	66.8	69.4	71.9	75.0		78.1	81.3	85.6	89.2	92.3	96.5	101.1	105.0	109.6	114.1	120.0	123.1
8	44.4	44.9	45.7	46.6	47.9	49.1	50.8	51.6	53.0	53.9	55.7	57.3	59.3	61.2	63.7	66.2	68.4	71.8	74.5	77.7		81.5	84.8	89.2	92.7	97.2	100.9	105.0	109.1	114.8	119.8	123.5	
9	44.1	45.0	45.5	46.3	47.1	48.3	49.4	49.9	51.1	52.6	53.7	55.0	57.5	59.2	61.3	63.1	66.0	68.0	70.8	74.4		77.0	81.0	84.5	88.8	92.5	96.3	100.4	105.0	110.3	114.9	119.9	122.7
10	43.8	44.1	45.1	46.1	46.8	48.1	48.5	49.5	50.9	52.1	53.3	54.4	56.8	58.6	60.1	62.6	65.8	68.1	71.0	73.7		77.2	80.6	84.0	87.7	91.8	96.0	100.7	105.4	109.0	113.9	118.5	122.8
11	43.1	44.2	45.0	45.5	46.6	47.0	48.1	49.4	50.2	50.8	52.2	54.0	55.2	57.3	59.5	62.1	64.5	67.7	69.8	73.1		76.0	80.2	83.4	86.9	90.7	96.1	100.3	108.1	113.1	118.2	122.4	
12	42.6	43.1	44.4	45.0	46.4	47.8	48.4	49.5	50.6	51.7	53.4	55.1	56.5	59.0	61.1	63.7	66.3	69.2	72.3	75.4		79.2	82.1	87.1	90.0	94.1	98.8	102.5	107.3	112.6	117.8	122.8	
13	42.5	42.7	43.7	44.7	45.3	46.3	47.4	48.0	49.2	50.5	51.1	53.2	54.0	56.1	58.1	60.3	63.1	66.1	68.6	71.8		74.4	78.5	81.5	85.1	89.0	92.6	97.0	101.1	105.8	111.0	116.7	121.3
14	41.3	42.0	42.7	43.8	44.0	45.1	46.4	46.7	48.2	49.0	50.3	51.5	53.5	55.6	57.6	60.2	62.9	65.9	68.2	71.9		74.8	78.9	81.7	85.9	89.4	93.0	97.0	101.0	105.5	109.8	114.1	118.9
15	40.6	41.5	41.9	42.7	43.6	44.4	45.3	46.1	46.7	47.8	49.5	50.5	52.2	54.1	55.6	57.4	60.6	62.4	65.7	69.0		71.7	74.9	77.8	82.0	85.9	89.5	93.6	97.2	101.1	106.0	110.8	114.2
16		40.2	40.9	42.1	42.8	43.4	44.2	45.0	45.7	46.3	47.8	48.9	50.6	52.4	53.7	56.2	58.6	61.0	63.5	66.2	69.2		71.5	75.4	78.2	81.4	83.8	84.5	85.9	84.4	79.8	73.7	

Dosis medida con MatrixXX + MultiCube (cGy): DM _{ij} (120°)																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		41.5	42.0	42.6	43.2	43.9	44.8	45.5	46.3	47.0	47.8	48.7	49.7	51.1	52.8	54.7	56.8	59.1	61.4	63.9	66.5	69.2	72.2	75.1	77.9	81.1	84.2	87.2	89.8	91.6	92.1		
15	41.6		42.3	42.5	44.1	44.9	45.6	46.4	47.2	47.9	48.9	49.8	50.9	52.3	54.0	56.0	58.5	60.5	62.9	65.5	68.3	71.2	74.2	77.5	80.8	84.2	88.0	91.8	95.8	101.1	105.2	110.5	
14	42.2	42.9		43.6	44.2	45.0	45.7	46.5	47.2	48.1	48.9	49.8	50.8	52.0	53.4	55.2	57.0	59.3	61.6	64.2	66.8	69.7	72.6	75.7	79.0	82.4	86.1	90.0	93.9	98.1	102.5	107.2	112.7
13	42.8	43.8	43.8		44.8	45.4	46.1	46.8	47.5	48.4	49.2	50.1	51.0	52.1	53.3	54.8	56.6	58.7	61.1	63.5	66.0	68.7	71.6	74.7	77.7	81.1	84.7	88.5	92.4	96.6	100.5	105.0	109.7
12	43.2	43.8	44.6	45.4		45.9	46.6	47.5	48.3	49.1	50.1	51.0	52.1	53.3	54.8	56.6	58.7	61.1	63.5	66.0	68.7	71.6	74.7	77.7	81.1	84.7	88.5	92.4	96.6	100.5	105.0	109.7	114.9
11	43.8	44.5	45.1	45.9	46.5	47.4	48.2	49.1	50.1	51.0	52.0	53.0	54.2	55.9	57.8	59.9	62.1	64.6	67.2	70.0	72.7	75.8	78.9	82.2	85.5	89.2	93.2	97.3	101.6	105.9	110.9	116.1	
10	44.6	45.5	46.5	47.5	48.5	49.5	50.7	51.7	52.8	53.8	54.8	55.8	57.2	59.1	61.2	63.4	65.8	68.4	71.0	73.7	76.6	79.6	82.6	85.8	89.2	93.2	97.3	101.6	105.9	110.9	116.1	121.4	
9	45.2	46.1	47.1	48.1	49.1	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.5	58.3	60.3	62.4	64.6	67.1	69.7	72.3	75.0	77.8	80.7	83.6	86.6	89.6	92.6	95.6	98.6	101.6	104.6	107.6	110.6	113.6
8	44.2	44.9	45.6	46.4	47.4	48.4	49.8	50.8	51.8	52.8	53.9	55.2	56.8	58.6	60.7	62.9	65.4	68.0	70.9	73.7	76.8	79.9	82.9	86.3	89.8	93.5	97.4	101.7	106.2	111.1	116.3		
7	44.5	45.2	45.7	46.5	47.5	48.5	49.1	50.2	51.1	52.1	53.1	54.2	55.4	57.0	59.1	61.1	63.4	65.8	68.5	71.2	74.1	77.1	80.3	83.4	86.8	90.1	93.7	97.6	101.7	106.3	111.6	117.0	
6	45.2	46.1	46.8	47.5	48.5	49.5	50.5	51.5	52.5	53.5	54.5	55.8	57.4	59.5	61.7	64.0	66.4	68.9	71.6	74.3	77.1	80.0	83.0	86.1	89.3	92.5	95.7	98.9	102.0	105.2	108.4	111.6	114.8
5	44.6	45.4	46.2	46.9	47.7	48.7	49.7	50.7	51.6	52.7	53.6	54.8	56.0	57.6	59.5	61.6	63.9	66.4	69.1	71.7	74.6	77.7	80.7	83.8	87.1	90.7	94.2	97.9	101.7	105.9	109.9	113.6	
4	44.9	45.6	46.3	47.1	47.9	48.9	49.9	50.9	51.8	52.7	53.7	54.8	56.0	57.6	59.5	61.6	64.0	66.4	69.0	71.8	74.6	77.8	80.9	84.2	87.6	91.5	94.8	98.1	101.8	106.1	110.9	116.0	
3	45.7	46.4	47.1	47.9	48.9	49.9	50.9	51.8	52.7	53.7	54.8	56.0	57.6	59.5	61.6	64.0	66.4	69.0	71.8	74.6	77.8	80.9	84.2	87.6	91.5	94.8	98.1	101.8	106.1	110.9	116.0	121.4	
2	45.1	45.7	46.4	47.4	48.2	49.0	50.1	51.0	52.0	52.8	53.7	54.9	56.1	57.8	59.6	61.8	64.0	66.4	69.0	71.8	74.6	77.8	80.9	84.3	87.7	91.3	94.8	98.4	102.0	106.2	110.6	115.0	119.4
1	45.1	45.8	46.5	47.5	48.2	49.0	50.2	51.1	52.0	52.8	53.7	54.9	56.1	57.8	59.8	61.9	64.1	66.5	69.2	71.9	74.8	77.8	80.9	84.4	87.9	91.4	94.8	98.6	102.4	106.8	111.5	116.7	
1	45.8	45.5	46.1	47.0	47.9	48.9	49.8	50.9	51.7	52.7	53.5	54.7	56.2	57.9	59.8	61.9	64.1	66.6	69.2	71.9	74.8	77.8	81.1	84.4	88.0	91.4	95.1	98.7	102.6	106.8	111.6	117.0	
1	45.4	46.1	46.8	47.5	48.4	49.4	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	60.4	62.4	64.4	66.4	68.4	70.4	72.4	74.4	76.4	78.4	80.4	82.4	84.4	86.4	88.4	90.4	92.4	94.4
3	44.6	45.4	46.1	46.9	47.8	48.8	49.8	50.8	51.7	52.6	53.6	54.7	56.2	57.9	59.8	61.9	64.1	66.6	69.2	72.0	75.0	78.1	81.3	84.7	88.1	91.5	95.1	98.7	102.5	106.5	111.1	116.2	
4	45.2	45.9	46.6	47.6	48.7	49.7	50.8	51.7	52.6	53.7	54.8	56.2	57.9	59.8	61.9	64.1	66.7	69.3	72.2	75.0	78.2	81.4	84.7	88.1	91.4	95.1	98.7	102.4	106.5	111.3	116.3		
5	45.1	45.9	46.7	47.6	48.7	49.7	50.7	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	60.6	62.6	64.6	66.6	68.6	70.6	72.6	74.6	76.6	78.6	80.6	82.6	84.6	86.6	88.6	90.6	92.6	94.6
6	44.3	45.0	45.8	46.5	47.4	48.4	49.5	50.4	51.6	52.6	53.5	54.8	56.2	57.8	59.6	61.9	64.1	66.6	69.3	72.2	75.0	78.1	81.1	84.3	87.6	91.2	94.6	98.4	102.4	106.8	111.6	116.8	
7	44.2	45.0	45.7	46.4	47.2	48.2	49.1	50.2	51.1	52.1	53.3	54.4	55.9	57.6	59.4	61.5	63.8	66.5	69.3	71.7	74.5	77.6	80.8	84.1	87.4	90.8	94.5	98.1	102.4	107.1	112.3	118.1	
8	44.8	45.6	46.4	47.2	48.2	49.2	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	60.2	62.2	64.2	66.2	68.2	70.2	72.2	74.2	76.2	78.2	80.2	82.2	84.2	86.2	88.2	90.2	92.2	94.2
9	43.8	44.5	45.4	46.1	46.8	47.7	48.5	49.6	50.5	51.6	52.6	53.7	55.3	56.9	58.7	60.8	63.1	65.5	68.3	71.0	73.8	76.9	80.1	83.4	86.8	90.3	94.2	98.3	102.5	107.1	111.8	117.0	
10	43.6	44.4	45.1	45.8	46.5	47.4	48.3	49.2	50.2	51.3	52.2	53.4	54.9	56.8	58.5	60.5	62.7	65.2	67.8	70.5	73.5	76.4	79.6	82.9	86.3	90.1	94.0	98.1	102.5	107.0	111.7	116.8	
11	43.3	44.2	44.9	45.6	46.4	47.2	48.1	49.1	50.2	51.3	52.3	53.4	54.7	56.3	58.1	60.1	62.3	64.7	67.3	70.0	72.9	75.9	79.1	82.6	86.0	89.9	93.9	98.0	102.3	106.6	111.2	116.2	
12	42.6	43.7	44.6	45.4	46.1	46.9	47.7	48.5	49.4	50.2	51.3	52.3	53.9	55.4	57.2	59.3	61.5	64.0	66.4	69.0	71.7	74.4	77.3	80.3	83.5	86.9	90.3	93.2	97.3	101.6	105.9	110.4	115.2
13	42.6	43.3	44.2	44.9	45.8	46.5	47.4	48.1	49.0	49.8	50.7	51.7	53.3	54.8	56.6	58.7	60.9	63.3	66.0	68.7	71.5	74.6	77.8	81.1	84.7	88.3	92.1	96.3	100.6	105.3	110.3	115.2	
14	42.0	42.8	43.7	44.4	45.1	45.9	46.8	47.6	48.3	49.2	50.1	51.2	52.6	54.0	55.7	57.8	59.9	62.4	65.0	67.8	70.5	73.6	76.8	80.1	83.5	87.2	91.1	95.1	99.3	103.8	108.3	113.6	
15	42.2	42.8	43.6	44.2	44.8	45.4	46.2	47.0	47.8	48.6	49.4	50.2	51.4	52.8	54.6	56.6	58.8	61.2	63.8	66.4	69.2	72.1	75.1	78.2	81.4	84.7	88.2	91.7	95.3	99.2	103.4	107.8	112.4
16	41.6	42.2	42.6	43.5	44.2	45.0	45.7	46.5	47.2	48.2	49.1	50.4	51.8	53.5	55.5	57.8	59.8	62.2	64.8	67.4	70.4	73.2	76.3	79.5	82.8	86.2	89.8	93.2	96.7	100.0	103.6	107.2	

$FC_{ij}(125^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy; $DC_{ij}(125^\circ)$)																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	46.3	47.1	47.6	48.7	49.9	50.4	51.4	52.2	53.3	53.9	55.1	56.1	56.7	57.6	58.7	59.8	61.7	63.4	65.8	67.9	70.5	73.6	78.0	81.0	84.6	88.6	92.7	96.1	100.8	104.7	110.0	113.0
15	46.3	47.3	48.2	48.6	49.8	50.8	51.6	52.4	53.5	54.0	55.4	55.8	57.2	57.2	58.4	59.6	60.6	62.2	64.6	66.8	69.6	72.6	75.2	78.9	83.4	87.8	90.7	95.4	99.2	104.6	108.6	113.0
14	47.3	48.3	49.2	49.9	51.4	52.1	53.3	53.4	54.1	55.3	57.2	57.6	58.5	59.2	60.1	60.8	62.5	64.5	66.3	68.2	70.9	74.1	77.2	81.2	85.1	88.2	92.5	96.8	102.2	107.0	110.3	114.7
13	48.5	49.3	49.7	51.0	52.7	53.3	54.1	55.5	56.6	57.1	57.7	58.7	60.8	61.8	63.3	64.9	67.7	69.6	72.3	75.4	78.9	81.7	85.9	89.8	93.7	98.1	102.3	107.4	112.6	117.3	121.3	125.0
12	48.9	50.0	51.0	51.5	52.7	53.7	54.4	55.3	55.8	56.8	57.7	58.8	59.6	60.7	61.1	62.6	63.8	65.5	67.9	70.8	73.4	76.5	80.2	83.5	87.1	91.6	95.2	99.7	103.9	108.2	112.9	118.1
11	49.0	49.6	50.9	51.8	52.9	54.0	54.6	55.5	56.2	57.2	58.0	58.9	60.5	61.4	62.3	63.2	65.4	66.7	68.7	70.8	73.4	76.5	80.4	84.0	87.4	91.4	96.4	100.5	104.7	109.2	114.1	117.9
10	49.3	50.1	51.0	51.9	52.9	53.5	54.0	55.9	56.8	58.0	59.0	60.0	60.8	61.6	62.9	63.4	65.1	67.1	68.7	71.2	74.4	78.1	80.8	83.8	88.8	92.8	96.9	100.8	104.7	109.9	114.4	118.6
9	49.5	50.2	51.2	52.0	53.0	54.7	54.8	56.6	57.0	58.1	59.3	60.3	61.3	61.3	63.8	66.0	67.8	70.0	72.1	75.1	78.3	81.8	85.5	89.4	93.7	97.9	101.6	105.2	110.4	115.4	119.6	123.0
8	49.8	50.7	51.4	52.1	52.8	54.2	55.6	56.7	57.5	59.0	59.8	60.8	61.8	61.9	63.3	64.7	65.9	67.5	69.6	72.5	75.1	78.3	81.8	85.7	89.3	92.7	97.0	102.0	106.2	110.5	115.2	119.6
7	50.0	51.0	52.0	53.1	54.3	55.8	56.6	57.6	58.7	59.6	60.7	61.7	62.5	63.6	65.1	66.6	68.4	70.0	72.7	75.3	78.6	81.4	86.2	89.0	94.0	97.9	101.4	105.6	110.5	115.7	121.3	125.0
6	49.7	51.6	51.8	52.7	54.2	55.3	56.3	57.1	58.3	59.3	59.9	60.9	61.7	62.7	63.9	65.1	66.1	68.3	71.2	73.5	75.8	78.9	82.2	85.8	89.2	94.3	98.0	102.1	106.0	110.7	115.8	120.3
5	50.4	51.1	52.4	53.6	54.6	55.3	56.4	57.1	58.2	59.1	59.8	61.4	62.9	63.5	64.3	65.2	67.0	68.9	70.9	73.4	76.9	79.5	82.2	85.3	89.9	93.8	97.7	102.2	106.2	110.7	115.5	120.0
4	50.9	50.9	52.4	53.3	53.8	55.5	56.3	57.2	58.4	59.4	59.9	61.7	63.1	63.7	64.6	66.2	67.3	69.0	70.8	73.1	76.6	79.6	82.9	86.6	90.4	94.6	98.0	102.7	106.5	111.0	115.1	119.9
3	50.7	51.4	52.6	53.9	54.9	55.8	56.6	57.4	58.3	59.5	60.6	62.1	62.8	64.0	64.9	66.0	67.7	69.2	71.2	74.2	76.6	79.6	83.3	86.2	90.7	93.8	98.0	102.2	106.5	112.1	115.5	119.9
2	50.4	52.0	52.7	53.4	55.0	56.0	56.8	57.6	58.6	59.7	60.4	61.7	62.8	63.8	65.5	66.6	67.4	69.3	71.4	73.9	77.0	80.6	83.0	87.1	90.2	94.0	98.3	102.5	106.4	111.0	116.8	118.9
1	51.2	51.9	52.5	53.6	55.0	55.8	56.2	57.7	58.9	60.1	61.5	62.1	63.3	64.0	64.5	66.5	68.3	69.6	71.9	74.1	76.5	80.1	82.7	87.4	90.1	94.3	98.3	102.5	107.0	111.6	116.2	120.6
1	50.7	52.0	52.4	53.8	54.7	55.8	56.0	57.5	58.6	59.5	60.7	61.6	62.7	63.6	64.7	66.0	67.3	69.2	70.8	73.3	76.4	80.0	82.7	86.6	90.1	95.0	98.4	103.4	107.9	115.7	114.5	119.5
2	50.7	51.4	52.8	53.6	54.5	56.0	56.7	57.3	58.7	59.7	60.9	62.0	62.8	63.8	65.1	66.1	68.0	69.3	71.1	73.7	76.8	80.3	82.8	86.6	91.2	94.0	97.9	102.3	106.2	111.1	115.5	120.5
3	50.4	51.4	52.0	53.0	54.3	55.4	56.5	57.4	58.8	60.3	61.2	61.7	62.6	63.5	65.2	66.2	67.2	69.5	71.3	73.4	76.1	80.5	83.2	86.6	90.3	94.3	98.3	102.3	106.4	111.2	116.4	119.9
4	50.6	51.1	52.2	53.1	54.2	55.2	56.6	57.0	58.3	59.6	60.9	62.2	62.2	63.1	65.2	65.8	67.0	68.9	70.5	73.1	76.5	80.3	83.0	86.5	89.6	93.9	98.3	102.1	105.9	111.5	115.8	120.6
5	50.6	51.8	52.5	53.0	54.1	55.2	56.0	57.3	58.1	59.3	60.2	61.7	62.1	63.2	64.1	65.8	67.4	69.1	70.3	73.5	75.9	79.7	82.7	85.6	90.4	93.9	98.1	102.9	106.3	111.1	116.1	120.4
6	50.1	51.5	52.1	53.7	54.7	55.3	56.1	57.0	58.0	59.1	59.7	61.1	62.5	63.5	64.2	65.5	66.3	68.7	70.2	72.3	76.3	79.4	82.3	86.1	90.2	94.1	97.7	102.2	106.5	111.5	117.4	121.3
7	50.2	51.1	52.3	53.4	54.2	54.6	55.6	56.8	57.4	59.0	59.4	60.4	61.8	63.2	64.2	65.3	66.3	68.0	69.8	72.5	75.0	78.2	81.3	85.5	89.4	93.3	97.1	101.7	105.9	111.1	115.9	119.9
8	49.9	50.6	51.6	52.5	53.7	54.4	55.4	56.2	57.5	58.8	59.9	60.7	61.5	62.3	63.3	65.1	66.1	67.7	69.6	71.7	74.8	78.1	81.8	85.1	89.3	93.0	98.3	102.2	106.3	110.7	115.7	120.4
9	49.7	50.5	51.7	52.4	53.2	54.6	55.1	55.9	57.2	58.4	58.6	60.5	61.0	62.1	63.0	64.5	65.7	66.8	68.5	71.9	74.8	78.1	81.2	84.7	88.5	92.1	96.9	101.9	105.3	110.3	114.6	118.8
10	49.8	50.1	51.3	52.0	53.1	53.9	54.8	55.5	56.7	58.0	58.8	60.1	60.6	61.8	62.9	63.9	65.2	67.1	68.9	70.9	73.9	77.6	81.0	84.3	88.0	92.3	96.1	101.7	105.9	110.3	114.7	118.9
11	48.8	50.1	51.0	51.4	52.5	53.5	55.1	55.8	56.5	57.1	58.1	59.3	60.1	60.8	62.1	62.9	64.5	66.4	68.3	70.5	73.1	76.6	79.8	84.1	88.2	92.2	96.5	100.7	104.1	108.5	114.0	118.7
12	48.3	49.6	49.9	51.1	52.0	53.1	53.9	55.0	55.7	56.5	57.5	58.5	59.0	60.1	61.2	62.8	63.9	65.5	67.7	69.4	72.0	75.7	79.1	82.5	85.8	90.0	94.8	98.8	103.0	107.7	113.1	118.2
13	47.7	48.4	49.5	50.7	51.8	52.1	53.4	53.2	54.7	55.9	57.2	57.6	58.8	59.7	60.6	61.5	62.8	64.0	66.4	69.0	71.7	75.1	77.6	81.5	84.8	88.6	93.0	97.8	101.7	107.4	112.3	117.2
14	47.5	48.4	48.9	49.3	50.2	50.8	52.3	52.7	53.8	54.7	55.9	56.4	58.0	58.7	60.2	61.0	61.7	63.1	65.3	68.1	70.6	73.4	76.3	80.4	83.3	87.9	91.1	96.2	100.6	105.3	110.6	115.2
15	46.3	47.2	47.6	48.5	49.5	50.5	51.3	51.8	52.8	53.4	54.9	55.5	56.3	57.0	58.0	59.3	60.1	62.2	64.1	66.3	68.8	72.1	75.0	78.6	81.9	86.2	90.2	94.5	97.9	102.5	107.3	111.8
16	46.6	47.6	47.8	48.8	49.2	49.9	50.9	52.3	52.6	53.4	54.4	54.9	55.2	56.7	57.5	57.9	59.9	61.4	64.2	67.0	68.9	71.8	75.3	78.0	81.0	83.6	85.3	87.7	92.6	97.0	102.6	107.3

Dato medido con MatrixXX + MultiCade (cGy; DM (125°))																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	46.9	47.5	48.1	48.6	49.4	50.2	50.9	51.8	52.4	53.3	54.0	54.5	55.3	56.1	56.9	57.7	58.7	60.2	61.9	63.8	66.3	69.1	71.9	74.9	77.9	81.1	84.4	87.5	90.3	92.6	96.1	100.8	
15	46.9	47.7	48.2	48.8	49.5	50.3	51.1	51.9	52.7	53.5	54.3	55.1	55.8	56.6	57.4	58.3	59.1	60.2	61.7	63.5	65.7	68.2	71.0	74.2	77.4	80.8	84.5	88.1	92.1	96.6	101.3	106.6	
14	47.6	48.2	49.1	49.8	50.4	51.2	52.0	52.8	53.7	54.4	55.3	56.0	56.8	57.6	58.5	59.3	60.2	61.3	62.9	64.9	66.9	69.6	72.5	75.8	79.0	82.6	86.3	90.3	94.4	98.7	103.1	108.4	
13	48.2	48.8	49.6	50.6	51.1	51.9	52.7	53.5	54.4	55.1	55.9	56.7	57.5	58.4	59.3	60.2	61.1	62.4	64.0	65.9	68.0	70.4	73.7	77.0	80.3	84.1	87.9	91.7	95.9	100.1	104.7	110.0	
12	48.7	49.4	50.2	50.9	51.6	52.4	53.1	53.8	54.8	55.6	56.5	57.3	58.2	59.0	60.0	60.9	61.9	63.2	64.8	66.7	68.8	71.5	74.8	78.1	81.4	84.9	88.7	92.7	96.8	101.0	105.6	111.2	
11	49.0	49.8	50.6	51.3	51.9	52.7	53.5	54.3	55.1	56.1	57.0	57.8	58.6	59.5	60.5	61.5	62.5	63.7	65.3	67.4	69.5	72.1	75.2	78.4	81.8	85.4	89.4	93.5	97.8	101.8	106.1	111.6	
10	49.3	50.1	50.7	51.5	52.1	52.9	53.7	54.6	55.6	56.5	57.5	58.3	59.1	60.1	61.0	62.0	62.9	64.3	65.9	67.8	70.0	72.7	75.7	78.8	82.1	85.7	89.6	93.7	97.9	102.4	106.7	111.8	
9	49.7	50.2	50.9	51.6	52.4	53.1	53.9	54.9	55.9	56.7	57.7	58.6	59.5	60.4	61.3	62.3	63.3	64.8	66.7	68.9	71.4	74.3	77.3	80.6	84.0	87.6	91.5	95.6	99.7	103.9	108.2	112.6	
8	49.8	50.4	51.1	51.9	52.5	53.4	54.3	55.3	56.2	57.3	58.2	59.1	60.0	60.9	61.8	62.8	63.8	65.1	66.7	68.7	70.9	73.6	76.6	79.6	82.9	86.3	90.0	93.9	98.0	102.6	107.2	112.4	
7	49.9	50.6	51.2	52.0	52.7	53.6	54.6	55.7	56.6	57.6	58.5	59.4	60.2	61.2	62.3	63.2	64.2	65.4	67.1	69.1	71.3	74.0	76.9	80.0	83.3	86.6	90.2	93.9	98.0	102.6	107.5	112.9	
6	50.1	50.7	51.3	52.0	52.8	53.6	54.6	55.6	56.5	57.5	58.4	59.3	60.1	61.0	61.9	62.8	63.8	65.1	66.8	68.8	71.1	73.7	76.5	79.5	82.8	86.2	90.0	93.9	98.0	102.7	107.6	112.9	
5	50.1	50.8	51.6	52.4	53.2	54.1	55.2	56.2	57.1	58.2	59.1	60.0	60.8	61.8	62.6	63.7	64.6	65.9	67.6	69.5	71.8	74.6	77.5	80.7	84.0	87.7	90.7	94.3	98.0	102.4	106.9	112.1	
4	50.3	50.9	51.7	52.5	53.3	54.4	55.3	56.3	57.3	58.3	59.1	60.0	60.8	61.7	62.7	63.7	64.8	66.0	67.6	69.6	71.9	74.7	77.7	80.8	84.1	87.4	90.9	94.4	98.2	102.4	106.9	112.1	
3	50.8	51.0	51.8	52.6	53.6	54.5	55.5	56.5	57.5	58.5	59.4	60.3	61.2	62.1	63.1	64.1	65.1	66.3	67.9	69.9	72.1	74.7	77.5	80.6	83.8	87.1	90.4	94.0	97.6	101.8	106.1	111.2	
2	50.4	51.1	51.8	52.7	53.6	54.5	55.7	56.6	57.5	58.3	59.1	60.1	60.9	61.8	62.8	63.8	64.8	66.0	67.7	69.6	71.9	74.7	77.7	80.8	84.1	87.3	90.7	94.1	97.7	101.4	105.8	110.9	
1	50.6	51.1	51.9	52.9	53.7	54.5	55.7	56.7	57.5	58.3	59.1	60.1	60.9	61.8	62.9	64.0	64.9	66.1	67.8	69.8	72.0	74.7	77.8	81.1	84.4	87.8	91.2	95.0	98.5	102.7	107.2	112.6	
1	50.1	50.9	51.5	52.5	53.4	54.3	55.3	56.3	57.3	58.2	59.0	60.0	61.0	61.9	62.9	64.0	65.0	66.1	67.7	69.8	72.0	74.9	77.9	81.2	84.5	87.9	91.4	95.0	98.7	102.7	107.4	112.8	
1	50.7	51.5	52.3	53.3	54.6	55.5	56.5	57.5	58.4	59.3	60.2	61.1	62.0	62.9	63.8	64.8	65.8	66.9	68.1	69.5	71.7	74.5	77.4	80.7	84.0	87.4	90.8	94.3	98.0	102.4	107.1	112.5	
1	50.0	50.8	51.5	52.4	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.2	59.1	60.0	60.9	61.9	62.8	64.0	65.0	66.2	67.8	69.5	72.0	75.0	78.0	81.2	84.6	87.9	91.4	95.0	98.7	102.7	107.1	112.4	
1	50.3	51.3	52.3	53.3	54.2	55.2	56.3	57.3	58.0	59.0	60.1	60.9	62.0	62.9	64.0	65.0	66.0	67.3	69.0	71.2	72.7	75.0	78.0	81.3	84.5	87.8	91.3	95.0	98.7	102.8	107.2	112.4	
1	50.6	51.3	52.1	53.1	54.2	55.2	56.2	57.2	57.8	58.7	59.6	60.5	61.4	62.3	63.2	64.1	65.0	66.1	67.2	68.3	70.0	72.2	74.5	77.8	81.0	84.3	87.6	91.0	94.7	98.7	103.0	107.4	112.5
6	49.8	50.4	51.2	52.0	52.8	54.0	55.0	56.0	57.0	57.9	59.0	60.0	60.9	61.9	62.9	64.0	65.0	66.2	67.9	72.0	72.9	74.9	77.8	80.9	84.1	87.5	91.0	94.7	98.7	103.1	107.6	112.9	
6	49.8	50.4	51.1	51.9	52.8	53.7	54.6	55.7	56.7	57.7	58.7	59.6	60.7	61.7	62.6	63.6	64.6	66.1	67.5	69.5	71.8	74.4	77.4	80.7	83.8	87.2	90.9	94.5	98.7	103.1	107.9	113.0	
5	49.5	50.1	51.1	51.8	52.7	53.6	54.5	55.5	56.5	57.4	58.4	59.3	60.2	61.1	62.0	62.9	63.8	64.8	66.0	67.3	69.5	71.5	74.1	77.1	80.3	83.6	87.1	90.6	94.2	98.5	102.8	107.9	112.9
5	49.1	50.1	50.9	51.6	52.4	53.3	54.2	55.1	56.0	57.0	58.0	59.0	60.1	61.0	61.9	62.9	64.0	65.2	66.6	68.0	70.1	73.7	76.8	80.0	83.3	86.6	90.0	93.5	97.8	102.0	107.7	112.8	
5	49.2	49.9	50.7	51.5	52.3	52.9	53.8	54.8	55.8	56.7	57.7	58.6	59.6	60.7	61.6	62.6	63.5	64.6	66.5	68.4	70.7	73.3	76.3	79.5	82.9	86.6	90.4	94.5	98.8	103.3	107.5	112.5	
4	49.8	49.6	50.4	51.2	52.0	52.8	53.4	54.3	55.3	56.3	57.2	58.2	59.1	60.0	60.9	61.8	62.8	63.9	65.0	66.9	69.1	71.9	72.8	75.5	78.9	82.6	86.2	90.1	94.2	98.5	102.8	108.0	112.9
4	48.5	49.3	50.2	50.9	51.7	52.5	53.3	54.1	55.0	55.8	56.7	57.6	58.7	59.5	60.4	61.3	62.4	63.4	65.3	67.3	69.5	72.2	75.2	78.6	82.0	85.7	89.5	93.7	97.7	102.0	106.1	111.1	
13	48.2	48.7	49.8	50.4	51.3	52.1	52.9	53.7	54.5	55.3	56.2	57.0	58.2	58.8	59.9	60.9	61.8	62.9	64.6	66.8	68.7	71.5	74.5	77.7	81.1	84.6	88.5	92.5	96.7	101.0	105.5	111.1	
14	47.5	48.3	49.2	49.9	50.7	51.5	52.4	53.2	53.8	54.8	55.7	56.5	57.4	58.2	59.1	60.0	60.9	62.0	63.7	65.7	67.8	70.4	73.4	76.7	80.0	83.5	87.4	91.2	95.4	99.9	104.1	109.3	
15	47.3	48.3	49.3	49.9	50.7	51.5	52.1	52.9	53.6	54.4	55.2	56.0	56.8	57.6	58.4	59.2	60.0	60.9	62.0	63.7	65.7	67.8	70.4	73.7	77.0	80.5	84.3	88.2	92.4	96.7	101.1	106.3	
16	46.9	47.5	48.2	49.0	49.6	50.6	51.2	52.1	52.8	53.6	54.4	55.2	56.0	56.8	57.7	58.4	59.4	60.9	62.7	64.8	67.7	70.1	73.0	76.2	79.5	82.8	86.4	90.0	93.8	97.2	101.7	107.0	

$FC_{ij}(130^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(130^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	510	524	533	540	549	557	564	573	587	593	607	609	614	623	628	641	650	651	663	671	689	709	735	766	810	848	884	926	970	1014			
15	517	522	530	544	553	561	565	579	589	597	607	614	623	626	642	646	657	669	664	675	697	713	730	760	789	825	860	901	952	1000	1042	1083	
14	523	533	543	551	568	573	583	588	596	605	616	631	634	636	647	658	667	673	683	688	706	721	747	777	809	844	884	924	963	1020	1065	1116	
13	528	541	548	554	568	575	586	594	602	616	623	636	644	649	665	669	676	691	694	701	721	737	757	788	814	858	899	933	974	1031	1075	1122	
12	537	553	555	560	581	586	598	602	612	621	633	643	642	660	669	679	682	694	702	714	729	747	764	795	826	873	908	948	985	1028	1085	1137	
11	538	551	562	575	581	589	599	607	614	627	639	644	651	661	676	683	692	701	705	715	734	754	777	808	843	878	923	963	1000	1048	1087	1133	
10	542	549	565	573	581	588	595	615	617	629	635	649	657	669	681	685	692	702	707	724	734	756	778	807	840	880	922	966	1007	1051	1101	1147	
9	541	555	559	575	583	596	609	613	623	636	642	651	659	673	686	696	701	712	719	729	748	764	783	813	845	884	922	966	1015	1054	1108	1145	
8	547	553	566	575	586	598	614	619	629	637	649	656	667	680	678	695	700	712	722	730	749	770	784	815	850	883	925	973	1014	1071	1110	1148	
7	556	556	567	575	594	602	605	623	635	639	652	665	667	677	691	696	709	721	722	735	754	770	782	814	852	893	930	970	1014	1068	1112	1164	
6	553	563	576	580	592	602	610	620	631	644	651	662	673	681	697	701	712	725	730	738	753	770	791	823	851	894	937	978	1012	1066	1109	1152	
5	557	563	571	581	587	601	616	620	629	646	651	662	671	678	694	703	713	721	731	746	757	774	795	818	858	891	936	972	1019	1077	1113	1163	
4	553	565	577	587	595	607	614	626	633	647	656	664	678	689	703	707	715	724	734	747	759	774	789	827	858	896	931	978	1014	1067	1120	1156	
3	559	563	575	584	601	606	616	624	632	646	660	667	681	689	698	710	719	721	733	745	762	774	798	822	853	896	936	978	1013	1062	1118	1157	
2	555	571	577	586	595	602	614	633	638	649	660	671	681	688	703	713	721	729	735	748	763	786	801	830	864	900	937	977	1018	1059	1109	1161	
1	552	571	579	591	603	609	620	628	640	648	659	671	678	687	705	713	721	738	740	752	767	786	806	831	862	901	935	977	1023	1066	1113	1166	
1	557	570	576	586	593	609	622	626	641	644	662	668	679	692	705	709	723	731	735	747	765	777	800	824	859	905	943	974	1019	1064	1116	1164	
1	559	569	573	583	589	605	616	622	636	648	657	668	679	685	695	707	716	728	735	748	765	780	799	827	857	890	934	977	1018	1057	1118	1157	
3	556	568	579	586	593	608	616	621	638	650	661	669	679	685	698	708	713	728	734	747	763	779	803	831	864	899	941	980	1021	1068	1119	1162	
4	558	564	572	585	597	603	607	622	630	648	656	667	670	684	697	705	713	728	731	746	760	782	800	828	859	895	943	978	1025	1068	1111	1157	
5	552	566	576	587	591	603	614	622	632	642	656	670	676	687	698	703	712	724	730	744	758	777	795	823	858	903	941	977	1017	1068	1115	1159	
6	551	564	573	582	595	603	612	618	629	641	651	663	668	677	689	700	705	721	727	745	756	780	798	828	856	893	939	967	1014	1067	1117	1165	
7	551	559	572	581	589	601	610	616	631	637	648	659	663	672	683	691	704	715	724	730	750	768	791	817	853	885	936	976	1013	1072	1112	1157	
8	558	568	576	584	597	605	616	625	638	649	660	671	681	688	703	713	721	729	735	748	763	786	801	830	864	900	937	977	1018	1059	1109	1161	
9	551	553	563	572	585	597	605	606	619	633	635	652	664	671	685	693	699	708	715	728	737	758	779	811	845	885	932	972	1010	1058	1104	1152	
10	543	552	566	574	584	598	602	610	618	630	640	646	656	665	683	689	699	708	709	724	736	760	782	808	845	883	929	963	1002	1055	1104	1152	
11	543	543	558	571	582	587	594	603	610	624	637	645	657	661	666	685	690	707	710	721	738	750	767	780	814	846	885	932	952	994	1047	1099	1148
12	529	536	536	559	575	577	591	601	608	628	638	643	642	656	667	684	692	706	721	745	764	782	814	845	885	939	968	983	1036	1088	1133		
13	524	540	543	551	560	572	582	588	597	608	614	634	639	643	656	663	671	687	696	701	708	733	752	782	814	844	889	932	974	1023	1076	1126	
14	518	527	533	549	559	565	570	582	589	603	605	614	621	635	637	650	658	667	680	692	708	718	739	767	807	848	874	920	954	1002	1056	1107	
15	512	521	532	538	551	557	562	572	581	593	597	606	615	627	633	639	651	659	667	666	683	700	723	746	777	819	856	898	934	985	1034	1071	
16	506	516	523	531	538	550	558	568	577	587	598	595	605	614	620	626	640	637	652	661	671	690	712	748	785	806	831	845	847	829			

Dosis medida con MatrxXX + MultiCube (cGy): DM _{ij} (130°)																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		511	518	524	530	537	546	554	561	568	577	583	590	596	605	612	619	626	633	640	646	656	672	691	714	745	776	810	844	878	911		
15		512	520	525	532	539	548	556	565	571	580	587	595	602	609	617	626	632	640	649	656	663	675	690	712	738	770	806	843	882	926	973	1023
14		519	525	535	542	549	557	566	573	582	590	598	605	613	620	629	637	644	653	661	668	676	688	704	727	753	786	823	862	903	946	989	1041
13		524	532	542	549	557	565	573	581	589	599	606	613	621	628	637	645	653	662	670	678	687	696	708	724	747	775	809	846	886	925	969	1012
12		531	538	547	555	561	569	577	584	593	601	609	617	626	633	643	652	661	670	678	687	696	708	724	747	775	809	846	886	925	969	1012	1060
11		534	543	550	558	565	572	580	589	596	606	615	622	630	639	649	657	666	675	685	694	692	702	714	731	753	782	816	854	892	934	976	1018
10		537	545	553	560	566	574	582	591	601	609	618	627	634	644	653	662	670	680	689	698	707	720	736	752	785	815	853	892	938	982	1024	1068
9		539	547	555	562	568	577	585	594	604	613	621	631	639	649	657	666	675	685	693	702	711	724	741	762	790	828	865	909	941	986	1031	1076
8		542	548	556	563	570	579	587	597	606	616	626	636	642	652	661	670	679	688	697	707	715	727	745	765	793	826	860	900	941	987	1033	1081
7		543	549	557	565	571	580	591	601	610	619	629	638	645	655	664	673	681	691	701	710	720	732	748	769	796	828	863	901	941	987	1033	1085
6		544	550	557	566	573	583	593	604	613	624	633	641	650	658	667	676	686	695	703	713	723	735	751	773	799	830	865	902	941	986	1032	1083
5		545	551	559	568	575	585	595	606	615	626	634	643	651	660	669	678	688	697	705	715	724	737	756	778	803	832	867	903	941	985	1032	1082
4		546	553	560	569	577	587	597	607	617	626	634	643	651	660	669	678	688	697	705	715	725	738	757	780	805	835	869	904	942	985	1032	1082
3		547	554	561	570	579	589	599	609	619	628	637	646	655	664	673	682	691	700	709	718	728	741	760	783	808	837	871	907	945	988	1033	1083
2		547	554	561	571	580	590	601	609	619	628	636	644	651	661	670	679	688	697	705	715	725	738	757	780	807	839	873	907	943	986	1031	1082
1		548	555	562	573	581	590	601	610	619	627	634	644	651	660	672	681	689	698	708	716	726	739	758	781	808	840	874	910	946	987	1033	1085
1		548	551	558	569	578	588	597	608	617	626	633	643	653	662	672	681	690	699	709	718	727	740	759	782	809	841	875	911	947	988	1033	1085
1		549	558	567	576	586	596	606	616	626	636	646	656	666	676	686	696	706	716	726	736	746	760	783	810	841	875	911	947	988	1033	1085	
3		544	551	558	567	577	587	597	608	617	626	634	643	653	662	672	681	690	699	709	719	728	741	759	782	809	841	875	910	947	989	1035	1085
4		544	550	558	567	575	586	596	607	617	626	636	644	653	663	673	683	691	701	710	720	728	743	760	782	808	840	874	910	948	989	1035	1085
5		549	557	565	574	584	594	604	614	624	634	644	654	664	674	684	694	704	714	724	734	744	758	778	803	830	863	897	934	971	1008	1049	1092
6		543	549	557	565	573	583	593	604	615	625	634	644	653	663	673	683	691	700	710	720	728	740	757	778	804	836	871	909	949	993	1038	1092
7		542	549	556	563	572	582	591	601	610	621	631	641	651	661	669	679	688	700	705	715	724	736	753	775	802	834	870	906	948	993	1040	1092
8		548	556	564	572	581	590	599	608	618	628	638	648	658	668	678	688	698	708	718	728	738	752	774	796	821	853	889	925	961	1000	1041	1092
9		538	544	555	561	569	579	586	596	606	616	626	636	645	653	663	673	681	691	700	709	717	729	747	770	797	830	867	906	949	995	1036	1088
10		538	544	553	560	568	575	584	593	603	613	622	631	641	651	660	669	677	687	696	704	713	725	743	765	793	827	865	905	947	990	1033	1080
11		542	550	558	566	574	583	592	601	610	619	628	638	645	655	664	673	683	692	701	710	719	731	750	772	798	830	866	904	948	992	1037	1087
12		529	537	545	553	563	571	579	588	595	604	613	622	632	641	649	658	666	675	685	693	702	715	732	756	783	817	854	893	935	977	1019	1066
13		525	532	542	549	559	567	575	583	592	600	618	626	633	643	652	661	668	678	687	695	708	724	747	774	807	844	883	925	968	1011	1064	
14		519	526	536	544	553	560	569	577	584	593	602	610	619	627	636	644	651	660	668	677	685	699	714	736	763	796	833	871	913	958	1000	1051
15		513	521	526	533	541	549	557	567	575	583	592	601	610	619	628	637	646	655	664	673	682	696	712	735	761	794	831	869	911	956	1001	1052
16		513	520	526	534	541	550	557	566	573	582	590	597	605	613	620	627	633	641	649	655	666	681	701	727	758	792	827	864	904	942	1031	

$FC_{ij}(135^\circ)$

Datos calculado con TPS (cCy; DC _{ij} (135°)																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	56.1	56.8	57.1	58.4	59.4	60.1	60.8	61.4	63.3	63.9	64.5	65.0	65.3	66.6	67.6	68.4
15	55.2	56.5	57.6	58.0	60.1	60.0	61.3	61.7	62.9	63.7	64.6	66.2	66.0	66.8	69.9	69.9
14	56.4	57.3	58.0	59.0	60.6	60.8	62.3	63.2	64.2	64.9	66.3	67.6	67.2	68.1	69.2	70.9
13	57.2	57.8	58.5	59.7	60.5	60.6	62.8	63.8	64.6	65.1	66.8	68.2	68.6	69.3	70.1	71.1
12	57.7	58.2	59.6	61.8	62.3	63.1	64.3	64.6	66.0	66.7	67.1	67.9	68.9	69.9	70.6	71.9
11	58.3	59.3	60.3	61.5	62.6	63.4	65.3	65.4	66.2	66.6	68.0	68.9	70.1	71.2	71.8	72.6
10	58.5	60.0	60.6	61.5	62.7	63.6	64.9	65.8	66.7	67.4	68.3	68.8	69.6	71.0	72.0	72.9
9	58.2	60.1	60.7	61.7	63.0	64.0	65.0	65.8	67.4	68.0	68.9	69.8	70.3	71.4	72.3	73.1
8	59.1	60.1	61.7	61.9	63.3	64.1	65.3	65.8	66.9	68.2	69.0	70.2	70.3	71.3	72.6	73.5
7	60.1	60.7	61.5	62.0	63.0	64.5	65.6	66.3	66.7	68.7	69.3	70.3	71.1	71.8	72.7	74.0
6	59.8	60.6	61.6	62.8	63.6	64.8	65.9	66.2	67.3	68.3	69.7	70.3	71.3	72.3	73.3	74.2
5	59.0	60.2	62.0	62.8	63.7	65.0	66.1	66.7	67.9	68.7	69.6	70.0	71.3	72.1	73.6	74.3
4	59.6	60.9	61.6	62.6	63.3	65.0	66.8	67.1	67.4	68.7	69.8	71.0	71.7	73.1	73.2	74.8
3	60.0	61.4	62.0	62.5	64.0	65.2	66.1	66.9	68.1	69.0	70.2	71.2	71.6	72.9	73.7	74.7
2	59.9	60.8	61.8	62.5	63.7	65.1	65.7	66.6	68.0	69.1	70.2	71.3	71.7	73.0	73.9	74.6
1	59.4	60.6	61.9	63.2	64.2	65.0	66.4	67.4	68.2	69.6	70.4	72.1	72.0	73.1	74.1	75.3
16	60.1	61.0	61.6	62.3	63.9	65.5	66.1	66.9	67.9	69.6	70.8	70.7	71.9	73.3	74.3	75.0
2	60.2	60.8	61.9	62.7	63.6	65.0	66.0	66.9	68.2	69.2	70.0	71.4	72.4	73.2	74.2	75.1
3	60.1	61.2	61.4	63.0	64.1	64.7	65.4	66.1	68.1	69.4	69.7	71.4	72.3	73.0	73.8	74.9
4	60.1	60.8	62.2	62.3	63.7	64.4	65.2	66.4	67.5	68.8	69.6	71.5	71.9	72.6	73.2	74.2
5	59.7	60.3	61.8	62.4	63.6	64.8	65.3	66.4	67.5	68.6	69.6	70.5	71.4	72.9	73.7	74.0
6	59.5	60.6	61.4	62.5	63.6	64.6	65.7	66.2	67.1	68.4	69.3	70.1	71.3	72.3	73.3	73.9
7	59.9	60.4	61.1	62.0	63.1	64.4	65.5	66.0	67.1	68.6	69.9	69.3	70.7	71.5	72.1	73.3
8	59.6	60.2	60.9	62.3	63.7	64.3	65.4	65.8	66.9	68.0	68.8	69.7	70.5	71.7	72.2	73.4
9	58.7	60.0	61.2	62.5	63.4	64.6	65.1	65.4	66.7	67.6	68.3	69.2	70.5	71.2	72.4	73.3
10	57.8	58.6	59.4	61.9	63.0	63.8	64.9	65.3	66.6	67.4	68.4	69.2	69.9	70.8	71.9	72.9
11	58.1	58.9	60.0	61.0	62.2	63.0	63.7	64.7	65.9	67.0	67.5	68.9	69.6	70.2	71.3	72.6
12	57.3	58.1	59.0	60.2	61.4	62.4	63.2	64.0	64.7	66.1	67.2	68.4	69.0	70.3	71.7	72.9
13	57.1	57.9	58.9	59.4	60.8	61.9	62.8	63.0	64.8	65.3	66.5	67.3	67.9	68.8	69.5	70.7
14	56.7	57.2	57.9	58.9	59.8	61.3	62.3	62.4	63.0	64.4	64.7	65.8	66.9	67.4	68.4	68.9
15	55.6	56.6	57.6	58.4	59.0	59.9	60.9	61.3	62.6	63.5	64.0	64.6	65.7	66.4	67.7	69.1
16	55.6	56.6	56.6	56.7	58.0	59.8	59.5	60.1	61.2	61.5	62.8	63.1	64.2	65.4	66.7	68.3

Datos medido con MatrixXX + MultiCode (cCy; DM (135°)																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	55.1	55.7	56.4	57.0	57.7	58.5	59.3	60.1	60.8	61.5	62.3	62.9	63.5	64.3	65.0	65.7
15	55.2	55.9	56.5	57.2	58.0	58.7	59.6	60.4	61.1	62.0	62.8	63.4	64.0	64.8	65.6	66.3
14	55.8	56.6	57.4	58.2	58.9	59.8	60.6	61.3	62.3	63.0	63.8	64.4	65.2	65.9	66.7	67.4
13	56.4	57.2	58.1	58.9	59.7	60.5	61.3	62.2	63.0	63.7	64.4	65.1	65.9	66.7	67.5	68.4
12	57.0	57.7	58.6	59.5	60.3	61.0	61.7	62.5	63.3	64.1	65.0	65.7	66.5	67.2	68.0	68.9
11	57.4	58.2	59.2	59.9	60.5	61.3	62.2	62.9	63.7	64.5	65.5	66.2	66.9	67.8	68.7	69.5
10	57.8	58.6	59.4	60.1	60.7	61.5	62.3	63.1	64.0	65.0	65.8	66.6	67.3	68.2	69.1	70.0
9	58.0	58.7	59.6	60.3	60.9	61.7	62.5	63.4	64.3	65.3	66.1	67.0	67.8	68.7	69.5	70.3
8	58.2	58.9	59.6	60.4	61.0	62.0	62.8	63.7	64.6	65.6	66.4	67.3	68.2	69.0	70.2	71.1
7	58.3	58.9	59.7	60.5	61.1	62.1	63.1	64.0	65.0	65.9	66.8	67.7	68.4	69.3	70.2	71.1
6	58.4	59.1	59.8	60.5	61.3	62.3	63.3	64.3	65.2	66.2	67.2	68.0	68.8	69.6	70.4	71.4
5	58.5	59.2	59.9	60.7	61.4	62.5	63.5	64.5	65.5	66.4	67.2	68.2	68.9	69.8	70.6	71.5
4	58.6	59.3	60.0	60.8	61.6	62.7	63.6	64.6	65.7	66.5	67.3	68.2	68.9	69.6	70.7	71.5
3	58.7	59.3	60.0	60.8	61.7	62.8	63.8	64.9	65.9	66.8	67.7	68.5	69.4	70.2	71.1	72.0
2	58.7	59.4	60.0	60.9	61.8	62.9	63.9	64.9	65.8	66.7	67.3	68.3	68.9	69.7	70.7	71.6
1	58.7	59.4	60.1	61.1	62.0	62.9	63.9	64.9	65.8	66.6	67.3	68.3	68.9	69.7	70.8	71.7
16	58.4	59.2	60.1	61.0	61.9	62.8	63.8	64.8	65.8	66.5	67.2	68.0	68.8	69.5	70.3	71.1
15	58.4	59.1	59.7	60.7	61.6	62.7	63.7	64.9	65.7	66.4	67.2	68.1	69.1	69.7	70.7	71.6
14	58.4	59.1	59.8	60.6	61.6	62.6	63.6	64.8	65.6	66.4	67.2	68.1	69.0	69.8	70.8	71.6
13	58.3	59.1	59.8	60.6	61.4	62.5	63.5	64.6	65.6	66.4	67.3	68.3	69.0	70.0	70.9	71.8
12	58.3	59.1	59.8	60.5	61.4	62.5	63.4	64.4	65.4	66.3	67.3	68.3	69.0	70.0	70.9	71.8
11	58.2	58.9	59.7	60.4	61.2	62.3	63.3	64.2	65.1	66.1	67.1	68.1	69.0	70.0	70.9	71.8
10	58.2	58.9	59.6	60.4	61.2	62.2	63.1	64.0	65.0	66.0	66.9	67.9	68.8	69.7	70.6	71.5
9	58.1	58.8	59.6	60.4	61.0	62.0	62.9	63.8	64.8	65.7	66.7	67.7	68.6	69.5	70.4	71.3
8	57.9	58.6	59.5	60.2	60.9	61.8	62.6	63.6	64.4	65.4	66.3	67.2	68.3	69.1	69.9	70.9
7	57.6	58.4	59.4	60.1	60.8	61.5	62.5	63.2	64.1	65.2	66.0	66.9	67.8	68.8	69.5	70.6
6	57.3	58.1	59.1	59.9	60.7	61.4	62.3	63.0	63.9	64.8	65.6	66.5	67.5	68.3	69.1	70.0
5	56.8	57.6	58.6	59.5	60.3	61.1	62.0	62.7	63.5	64.2	65.2	66.0	67.0	67.9	68.6	69.5
4	56.4	57.1	58.1	58.9	59.9	60.7	61.4	62.3	63.1	63.8	64.6	65.5	66.5	67.4	68.0	68.9
3	55.7	56.6	57.5	58.3	59.2	60.0	60.8	61.6	62.4	63.2	64.0	64.9	65.7	66.4	67.2	68.1
2	55.2	55.9	56.6	57.3	58.3	58.9	59.9	60.6	61.5	62.3	63.0	63.8	64.6	65.4	66.1	66.9
1	55.2	55.8	56.6	57.3	58.0	58.9	59.7	60.5	61.1	62.0	62.7	63.5	64.2	65.0	65.8	66.4

Factores de corrección: FC _{ij} (135°)																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	1.0220	1.0253	1.0331	1.0305	1.0227	1.0246	1.0258	1.0237	1.0479	1.0397	1.0410	1.0371	1.0279	1.0358	1.0349	1.0443
15	0.9974	1.0055	1.0181	1.0306	1.0369	1.0167	1.0163	1.0168	1.0315	1.0279	1.0306	1.0208	1.0231	1.0403	1.0468	1.0425
14	1.0104	1.0061	1.0181	1.0158	1.0248	1.0155	1.0283	1.0376	1.0303	1.0281	1.0424	1.0451	1.0260	1.0298	1.0491	1.0235
13	1.0156	1.0303	1.0103	1.0067	1.0099	1.0242	1.0271	1.0213	1.0187	1.0159	1.0329	1.0456	1.0371	1.0333	1.0421	1.0379
12	1.0073	1.0011	1.0120	1.0180	1.0266	1.0292	1.0383	1.0279	1.0409	1.0345	1.0282	1.0254	1.0274	1.0334	1.0294	1.0320
11	1.0073	1.0066	1.0077	1.0219	1.0287	1.0317	1.0477	1.0355	1.0317	1.0126	1.0237	1.0281	1.0335	1.0463	1.0265	1.0377
10	1.0118	1.0182	1.0166	1.0252	1.0274	1.0236	1.0318	1.0330	1.0304	1.0190	1.0277	1.0187	1.0311	1.0318	1.0368	1.0

$FC_{ij}(140^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(140^\circ)$																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	30.0	60.0	60.0	60.8	61.8	63.3	64.9	64.6	65.3	66.6	67.2	67.8	69.0	69.4	69.9	70.9	72.1	72.5	72.5	73.3	74.2	74.5	75.4	76.1	76.8	76.4	77.3	79.5	81.3	85.9	90.6	
15	39.8	60.7	61.4	62.0	63.1	64.5	64.9	65.9	67.0	67.8	68.6	69.2	69.8	70.6	71.6	72.2	73.1	73.2	74.4	75.5	75.5	76.4	76.6	77.7	78.2	79.0	79.5	80.9	83.6	88.5	92.6	97.6
14	39.8	61.1	61.9	63.5	64.5	65.1	66.3	66.6	68.1	68.5	69.8	70.6	70.9	71.6	72.1	73.0	74.6	75.1	75.5	76.5	77.2	78.3	77.8	78.8	79.3	79.7	81.2	82.5	85.7	90.2	94.0	99.0
13	60.5	62.1	63.9	64.9	65.7	67.2	67.4	68.8	69.0	70.4	71.3	71.7	72.6	74.2	74.9	75.7	76.1	76.6	77.9	78.2	79.4	79.9	80.7	80.4	81.6	82.4	83.1	84.7	87.1	91.4	95.7	100.6
12	61.3	62.4	63.6	64.4	65.7	66.4	67.5	68.3	69.8	70.3	71.0	72.1	72.5	73.1	74.7	75.7	76.3	76.8	77.9	78.4	79.4	80.3	81.2	81.5	81.6	82.6	83.4	84.7	87.1	92.1	97.1	101.7
11	61.5	63.3	63.4	65.0	65.8	66.9	67.9	68.0	69.6	70.5	71.4	72.1	73.0	73.8	75.1	76.4	77.4	77.7	78.2	79.0	80.0	80.8	81.7	82.6	82.9	83.5	84.3	85.8	88.4	93.4	97.0	102.4
10	62.2	63.4	64.0	65.2	66.5	67.3	68.0	68.6	69.9	70.9	71.5	73.1	73.4	74.2	75.2	75.9	76.7	77.6	78.3	79.7	80.8	81.1	81.3	82.5	83.0	84.1	85.3	86.9	89.0	93.1	98.2	102.7
9	62.5	63.8	64.4	65.5	66.3	67.4	68.2	69.2	70.5	71.7	72.2	73.6	73.9	74.6	75.7	76.8	77.2	77.8	78.7	80.0	80.8	81.7	82.5	83.4	83.4	85.2	86.1	87.7	89.7	93.9	98.4	103.3
8	63.2	63.9	64.7	65.5	66.7	67.7	68.7	69.9	70.7	71.4	72.4	73.9	74.1	75.2	76.3	77.2	77.8	78.2	79.6	80.4	81.5	82.1	82.4	83.4	83.7	85.1	85.9	87.2	90.2	93.6	98.2	102.9
7	63.3	63.9	64.8	65.8	67.0	68.1	68.8	69.8	70.7	71.8	72.5	73.9	74.2	75.8	76.7	77.2	77.9	79.3	80.0	80.4	81.3	82.4	83.1	84.1	84.4	84.8	85.8	86.8	90.6	94.9	98.5	102.9
6	63.7	64.2	65.2	66.1	67.6	68.5	69.6	70.4	71.4	72.2	73.4	73.7	74.6	75.8	76.9	77.8	78.7	79.3	80.0	81.4	81.5	82.2	82.6	83.7	84.0	85.1	86.6	88.4	90.2	94.6	99.3	103.9
5	62.9	64.2	65.4	66.5	67.8	68.7	69.5	70.0	70.8	72.1	73.1	74.0	74.8	76.0	77.0	77.8	79.3	79.5	80.3	80.9	81.7	81.9	83.5	84.1	84.6	85.1	86.3	88.4	90.6	95.0	99.5	104.0
4	63.3	64.6	65.5	66.6	67.6	69.1	69.7	70.4	71.5	72.7	73.3	74.3	75.1	76.0	77.7	77.9	79.2	80.3	80.4	81.4	82.4	82.9	83.2	84.2	84.7	85.7	86.5	88.3	90.1	94.5	100.3	104.5
3	63.6	64.1	65.3	66.8	67.5	68.4	69.4	70.4	71.5	72.6	73.6	74.6	75.3	76.1	77.5	78.1	78.9	79.9	80.8	81.6	81.9	83.5	83.4	84.4	84.9	85.4	85.9	88.2	90.8	94.9	100.0	104.2
2	63.6	63.9	65.4	66.8	67.5	68.7	69.0	70.3	71.7	73.4	73.8	75.0	75.7	76.4	77.7	78.1	78.5	79.7	80.8	81.3	82.0	83.3	83.4	84.9	84.7	85.5	86.5	88.3	90.3	94.9	100.2	104.3
1	64.1	65.1	66.0	66.4	67.9	69.3	69.9	71.1	72.6	73.4	74.2	75.5	75.6	76.4	77.9	78.3	79.1	80.0	81.0	81.2	82.1	83.5	83.8	84.7	85.3	85.8	86.8	88.2	90.8	95.3	100.3	104.6
1	62.9	64.5	65.0	66.4	67.9	68.9	69.3	70.1	71.8	72.8	73.7	74.9	75.3	76.1	77.6	77.9	78.3	80.2	80.7	81.4	82.0	83.5	84.2	84.3	84.2	85.8	86.3	88.8	91.0	94.8	100.3	104.1
2	63.7	64.8	65.3	66.5	68.0	69.0	70.1	70.1	71.3	72.9	73.3	75.3	75.5	76.1	77.0	77.9	78.6	80.1	80.7	81.4	82.1	83.2	84.0	84.8	84.6	85.9	86.9	89.0	91.1	95.7	99.8	104.8
3	63.5	64.7	65.6	66.5	67.6	69.2	69.4	70.8	71.7	73.3	73.9	75.1	75.2	76.3	77.1	78.1	79.5	80.0	80.2	81.0	82.6	83.2	84.1	84.7	84.3	85.3	87.1	89.1	91.5	95.7	100.6	104.9
4	63.4	64.4	65.9	66.5	67.6	68.6	69.4	70.4	71.1	71.9	73.0	74.5	74.2	76.3	77.5	78.2	78.9	79.9	80.3	81.5	82.5	83.2	83.9	83.9	84.9	85.8	86.7	88.5	90.8	95.4	99.4	103.8
5	63.6	64.1	65.3	66.3	67.3	68.7	69.4	70.2	71.2	72.2	73.1	74.3	74.9	75.6	76.9	77.9	78.5	79.9	80.3	81.0	82.3	83.1	82.9	84.2	84.2	85.2	86.2	89.2	91.1	95.0	100.4	103.7
6	63.6	64.9	65.4	66.5	67.6	68.5	69.4	70.0	71.8	71.9	72.2	73.8	75.3	76.0	76.3	77.2	78.5	80.0	79.9	80.8	81.8	82.3	83.2	84.0	83.7	85.0	86.2	88.7	90.4	94.9	99.1	103.9
7	62.8	63.8	65.2	66.2	67.1	68.2	69.2	69.5	71.0	71.7	72.7	73.3	74.9	75.2	77.0	76.8	78.1	78.8	79.9	80.2	81.3	81.2	82.6	83.4	84.3	84.8	86.3	87.9	90.8	94.7	98.5	103.5
8	63.1	63.9	64.7	66.3	67.5	68.1	69.1	70.0	70.0	71.5	72.7	73.9	74.2	75.4	76.1	77.1	77.9	78.8	79.0	79.8	80.8	81.8	81.9	83.3	83.6	85.2	86.2	89.2	91.1	95.0	100.4	103.7
9	62.8	64.2	64.8	65.6	66.7	67.5	69.1	69.6	70.2	71.3	72.5	73.5	73.7	74.7	75.5	76.0	77.2	78.3	78.7	80.1	80.7	81.2	81.7	83.0	84.3	84.7	85.7	87.5	89.3	93.4	98.4	102.5
10	62.2	63.8	62.7	63.4	63.9	64.8	65.3	66.3	67.2	67.9	68.8	69.5	70.3	71.2	72.1	72.7	73.5	74.1	75.0	75.8	76.5	77.1	77.8	78.5	79.1	80.1	81.4	81.6	83.0	84.2	85.2	86.2
11	61.7	62.1	63.5	64.8	66.2	67.1	67.7	68.4	69.5	71.1	72.1	72.5	72.8	74.2	75.4	75.7	76.2	77.8	78.2	79.4	80.4	81.1	81.8	82.4	82.4	84.2	85.6	87.3	92.2	96.8	102.2	
12	60.8	61.9	63.2	64.3	65.1	66.9	67.4	67.9	69.1	70.3	70.9	71.5	71.6	73.2	74.1	74.9	76.0	76.8	78.1	78.3	79.4	79.7	80.3	80.9	81.2	82.0	82.8	85.2	87.7	91.6	96.0	101.2
13	60.7	61.8	62.5	63.5	64.6	65.6	66.2	66.8	68.4	69.0	70.1	71.1	71.6	73.2	74.0	74.2	75.1	76.3	77.0	77.6	78.0	78.4	79.0	80.0	80.8	81.8	84.0	86.9	90.6	96.0	100.4	
14	59.8	61.5	62.0	63.0	63.7	65.2	65.4	65.7	67.2	68.0	69.0	69.5	70.8	71.6	72.6	73.0	74.4	75.0	75.6	76.3	76.3	76.4	77.0	77.6	78.6	79.1	80.4	82.0	84.7	89.2	94.0	
15	58.8	60.0	60.6	61.6	62.6	63.4	64.6	64.7	66.0	66.6	67.8	68.4	69.6	70.1	70.5	71.6	72.6	73.5	73.7	74.3	75.6	75.5	76.3	77.0	76.9	77.8	78.3	81.1	83.0	87.2	91.4	96.5
16	59.5	59.9	59.9	60.8	61.6	62.3	63.8	64.4	65.4	66.0	66.5	67.3	68.1	68.7	69.6	70.0	71.0	71.4	71.6	72.8	72.9	72.9	74.2	73.7	74.7	75.0	76.1	78.7	81.7	85.5	83.3	

Dosis medida con MatrxXX + MultiCube (cGy): DM _{ij} (140°)																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	38.2	58.8	59.5	60.1	60.8	61.7	62.4	63.0	63.7	64.5	65.2	65.8	66.5	67.2	67.7	68.4	69.0	69.6	70.2	70.6	71.2	71.7	72.2	72.4	72.9	73.4	74.1	76.1	78.8	82.7		
15	58.3	59.0	59.6	60.3	61.1	61.9	62.7	63.4	64.1	64.9	65.7	66.4	67.1	67.7	68.4	69.1	69.8	70.5	71.2	71.8	72.3	72.9	73.5	74.1	74.6	75.1	75.9	76.9	78.8	81.9	86.4	91.3
14	58.9	59.6	60.6	61.2	62.1	62.9	63.6	64.4	65.3	66.0	66.8	67.5	68.1	68.9	69.6	70.3	71.0	71.7	72.3	73.0	73.5	74.2	74.8	75.5	76.1	76.7	77.4	78.7	80.6	83.7	87.8	92.9
13	60.3	61.3	62.1	62.9	63.5	64.4	65.2	66.0	66.7	67.4	68.1	68.8	69.6	70.4	71.2	71.9	72.6	73.3	74.0	74.6	75.3	76.0	76.7	77.2	77.8	78.4	79.1	81.4	84.7	88.9	94.8	
12	60.0	60.9	61.9	62.7	63.3	64.1	64.9	65.7	66.6	67.2	68.0	68.7	69.5	70.2	71.0	71.9	72.5	73.3	74.0	74.8	75.4	76.1	76.8	77.5	78.1	78.8	79.5	81.4	84.7	88.9	94.8	
11	60.5	61.4	62.4	63.1	63.7	64.5	65.3	66.1	66.8	67.6	68.4	69.2	70.0	70.7	71.6	72.3	73.1	73.8	74.6	75.0	76.0	76.7	77.3	78.0	78.7	79.5	80.3	81.4	83.3	86.3	90.5	95.3
10	61.9	62.9	63.4	63.9	64.8	65.5	66.3	67.2	67.9	68.8	69.6	70.3	71.2	72.1	72.7	73.5	74.3	75.0	75.8	76.5	77.1	77.8	78.5	79.1	79.9	80.8	82.0	83.9	86.9	91.0	95.8	
9	62.1	62.9	63.7	64.3	65.0	65.7	66.5	67.3	68.1	68.9	69.7	70.5	71.3	72.1	72.8	73.5	74.3	75.1	75.9	76.7	77.4	78.1	78.8	79.5	80.2	81.0	82.4	84.3	87.5	91.3	96.6	
8	61.4	62.3	62.9	63.6	64.2	65.1	66.0	66.8	67.6	68.5	69.3	70.3	71.1	71.9	72.6	73.4	74.2	75.0	75.7	76.5	77.1	77.8	78.5	79.1	79.8	80.4	81.2	82.5	84.6	87.8	91.9	96.8
7	61.6	62.3	63.0	63.7	64.3	65.2	66.2	67.1	67.9	68.8	69.8	70.6	71.3	72.1	73.0	73.7	74.6	75.3	76.1	76.9	77.4	78.2	78.8	79.4	80.0	80.6	81.4	82.6	84.7	87.9	92.2	96.9
6	61.8	62.4	63.1	63.8	64.5	65.3	66.2	67.1	67.9	68.8	69.7	70.6	71.4	72.2	73.0	73.8	74.6	75.4	76.2	76.9	77.4	78.2	78.8	79.4	80.0	80.6	81.4	82.6	84.7	87.9	92.2	96.9
5	61.8	62.5	63.1	63.9	64.6	65.6	66.6	67.6	68.4	69.4	70.3	71.1	71.8	72.6	73.4	74.2	75.0	75.7	76.5	77.2	77.9	78.7	79.3	80.0	80.5	80.9	81.6	82.8	84.7	88.0	92.4	97.3
4	61.9	62.6	63.2	63.9	64.8	65.7	66.7	67.7	68.6	69.6	70.4	71.2	71.8	72.5	73.4	74.2	75.0	75.7	76.5	77.2	78.0	78.9	79.5	80.1	80.7	81.2	81.8	82.9	84.8	88.0	92.4	97.4
3	62.0	62.6	63.2	64.1	64.9	65.9	67.0	67.9	68.8	69.6	70.4	71.2	71.8	72.4	73.4	74.2	75.0	75.8	76.5	77.2	78.0	78.8	79.6	80.3	80.9	81.4	81.8	83.0	84.9	88.0	92.4	97.5
2	62.6	63.2	63.8	64.5	65.3	66.3	67.3	68.2	69.2	70.1	71.0	71.8	72.6	73.4	74.2	75.0	75.8	76.6	77.4	78.2	78.9	79.6	80.3	81.0	81.7	82.4	83.1	84.8	87.9	91.9	96.9	
1	62.1	62.7	63.3	64.2	65.1	66.0	67.1	68.0	68.8	69.6	70.4	71.2	71.9	72.5	73.5	74.4	75.1	75.8	76.7	77.3	78.1	79.0	79.7	80.5	81.1	81.5	82.0	83.2	85.0	88.1	92.6	97.7
1	61.8	62.4	62.9	64.0	64.9	66.0	66.9	67.9	68.7	69.5	70.3	71.2	72.0	72.7	73.5	74.4	75.1	75.9	76.7	77.4	78.2	79.1	79.9	80.6	81.2	81.6	82.1	83.2	85.1	88.2	92.7	97.9
1	62.3	63.0	63.6	64.3	65.0	65.8	66.6	67.4	68.2	69.0	70.0	70.8	71.6	72.4	73.2	74.0	74.8	75.6	76.4	77.2	78.0	78.8	79.6	80.4	81.2	81.9	82.7	84.5	87.6	91.6	96.6	
1	61.7	62.4	63.0	63.8	64.8	65.8	66.8	67.8	68.7	69.5	70.4	71.2	72.0	72.7	73.5	74.4	75.2	76.0	76.9	77.6	78.3	79.2	79.9	80.5	81.1	81.6	82.2	83.3	85.1	88.2	92.7	97.7
1	61.7	62.4	63.1	63.8	64.6	65.7	66.7	67.8	68.6	69.4	70.5	71.3	72.0	72.8	73.7	74.5	75.3	76.2	76.9	77.7	78.4	79.2	79.8	80.5	81.0	81.5	82.1	83.3	85.2	88.3	92.7	97.7
1	62.4	63.1	63.6	64.3	65.1	66.0	66.9	67.8	68.7	69.6	70.5	71.4	72.3	73.1	74.0	74.8	75.6	76.4	77.2	78.0	78.8	79.6	80.4	81.2	81.9	82.6	83.8	85.9	89.0	92.9	97.8	
6	61.6	62.3	63.0	63.7	64.5	65.5	66.5	67.5	68.4	69.3	70.2	71.3	72.1	72.8	73.7	74.6	75.4	76.2	76.9	77.7	78.5	79.3	80.1	80.7	81.3	81.9	82.9	85.2	88.4	92.6	97.5	
5	61.5	62.3	63.0	63.7	64.5	65.4	66.3	67.2	68.0	69.0	70.0	70.9	71.8	72.6	73.4	74.4	75.1	76.2	76.6	77.3	77.8	78.6	79.2	79.9	80.5	81.2	81.9	83.0	85.1	88.3	92.6	97.3
4	61.4	62.2	63.0	63.7	64.3	65.3	66.1	67.0	67.8	68.7	69.8	70.7	71.6	72.3	73.2	74.0	74.8	75.6	76.4	77.0	77.6	78.3	78.9	79.7	80.4	81.0	81.7	82.9	85.2	88.2	92.3	97.0
3	61.9	62.9	63.9	64.9	65.9	66.9	67.9	68.9	69.9	70.9	71.9	72.9	73.9	74.9	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9	82.9	83.9	84.9	85.9	86.9	88.9	91.9	94.9	97.9		
2	60.8	61.7	62.7	63.4	64.1	64.8	65.8	66.5	67.4	68.2	69.1	70.0	71.0	71.8	72.5	73.4	74.1	74.9	75.7	76.4	77.0	77.7	78.3	79.1	79.7	80.5	81.3	82.5	84.5	87.5	91.6	96.6
1	60.4	61.4	62.4	63.1	64.0	64.8	65.6	66.3	67.1	67.9	68.8	69.7	70.5	71.3	72.2	72.9	73.7	74.5	75.2	76.0	76.6	77.2	78.0	78.7	79.3	80.1	80.8	82.0	84.0	87.0	91.0	95.8
1	59.9	60.8	61.0	62.4	63.2	64.1	64.9	65.8	66.7	67.6	68.5	69.4	70.3	71.2	72.1	73.0	73.9	74.8	75.7	76.6	77.5	78.4	79.3	80.2	81.1	82.0	82.9	84.8	87.8	91.8	95.8	
1	59.5	60.3	61.4	62.2	63.1	63.9	64.7	65.5	66.3	67.1	67.8	68.6	69.5	70.2	71.0	71.9	72.6	73.3	74.0	74.8	75.3	76.1	76.7	77.2	77.8	78.4	79.2	80.5	82.3	85.5	89.7	94.6
1	58.9	59.8	60.9	61.6	62.5	63.2	64.1	64.8	65.5	66.4	67.2	67.9	68.8	69.5	70.2	71.1	72.4	73.1	73.8	74.4	75.1	75.7	76.4	76.9	77.4	78.1	79.3	81.3	84.6	88.7	92.8	
1	58.4	59.2	60.3	61.0	61.7	62.4	63.2	64.0	64.7	65.4	66.2	67.0	67.8	68.6	69.4	70.2	71.0	71.8	72.6	73.4	74.2	75.0	75.8	76.6	77.4	78.2	79.0	80.8	83.8	87.8	91.9	96.8
16	58.5	59.1	59.7	60.6	61.3	62.2	62.9	63.6	64.3	65.1	65.8	66.6	67.2	67.9	68.7	69.2	69.8	70.4	71.0	71.5	72.1	72.5	73.0	73.5	73.9	74.5	75.5	77.2	80.2	84.3		

$FC_{ij}(145^\circ)$

		Dato calculado con TPS (cGy; $DC_{ij}(145^\circ)$)																			
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
16	63.1	63.2	64.6	65.4	66.1	66.4	67.3	68.3	69.6	70.1	71.2	71.6	72.4	73.3	73.8	74.1	74.7	75.2	75.7	76.9	76.8
15	62.1	63.6	64.4	64.7	65.9	67.1	67.7	68.2	69.7	70.3	71.0	72.2	72.8	74.0	74.9	75.5	75.9	76.5	77.4	77.1	78.6
14	63.1	63.9	65.3	66.4	68.0	68.7	69.1	69.9	70.8	71.8	72.7	73.2	74.0	74.9	75.2	76.4	77.5	78.3	78.8	78.9	79.3
13	64.3	65.0	66.1	67.7	68.0	69.2	69.8	70.9	71.5	72.8	74.1	74.8	75.6	75.9	77.2	77.4	77.9	79.2	79.4	80.5	81.1
12	64.4	65.6	66.2	67.5	68.8	70.2	71.3	71.9	73.1	73.9	74.5	74.8	75.8	76.3	77.8	78.4	78.3	78.7	80.4	81.6	82.1
11	64.8	66.4	67.2	67.9	69.6	70.6	71.4	71.7	72.9	74.2	74.9	75.4	76.2	76.7	78.3	78.9	79.5	80.1	80.7	81.1	82.5
10	65.0	66.4	67.5	68.6	69.3	71.0	71.9	71.7	72.6	74.1	74.3	76.0	76.0	76.0	77.8	78.7	79.3	80.1	81.1	81.6	82.8
9	65.4	66.9	67.7	69.0	69.7	70.6	71.6	73.0	73.8	74.6	75.7	76.0	76.7	77.3	78.3	79.1	80.0	80.9	81.3	82.4	83.0
8	65.7	67.1	69.1	69.5	70.7	71.1	72.0	72.7	73.4	74.6	75.6	76.5	77.1	78.1	78.4	79.2	80.3	81.9	81.5	81.9	82.6
7	66.3	67.4	68.8	69.5	71.0	71.8	72.4	72.3	74.2	74.9	76.0	76.9	77.1	78.1	79.6	79.4	80.2	81.6	82.1	83.1	84.0
6	66.2	67.7	68.6	69.5	70.4	71.8	72.4	73.2	74.0	75.6	76.3	76.8	78.2	78.4	79.5	80.7	81.3	81.7	82.7	83.3	83.2
5	66.3	67.6	68.7	68.9	70.4	71.6	72.4	73.0	74.6	75.2	76.2	77.0	78.4	78.7	79.6	80.7	81.0	82.1	82.3	82.8	83.7
4	66.9	67.8	68.7	69.8	70.4	71.2	73.2	73.7	74.5	75.4	76.3	77.8	77.9	79.2	79.9	80.2	81.7	82.2	82.4	83.5	83.5
3	66.6	67.8	68.4	69.9	71.4	71.8	72.7	73.9	74.7	75.7	76.9	78.5	78.4	79.5	80.1	81.0	81.7	83.1	83.1	83.8	84.7
2	67.4	67.9	68.7	70.2	71.0	72.1	72.8	73.6	75.1	75.8	76.3	77.9	78.4	79.2	79.9	81.6	81.7	82.4	83.4	83.7	84.4
1	66.9	68.0	69.0	70.5	71.3	72.5	73.2	73.4	75.0	75.6	76.9	78.5	78.7	79.2	79.9	81.3	81.6	82.8	82.7	83.7	84.8
1	66.7	67.8	68.7	69.9	71.3	72.0	72.9	73.5	74.4	74.8	76.7	77.8	78.3	79.5	79.7	81.1	81.4	82.2	83.2	83.6	84.5
2	66.7	67.8	68.6	69.4	71.1	71.9	73.1	73.8	74.7	75.3	76.8	77.6	78.4	79.1	79.9	81.3	82.0	82.1	83.1	84.2	84.9
3	67.4	68.3	68.8	70.2	71.0	72.0	72.8	73.7	75.4	75.4	76.6	77.6	78.9	79.9	80.2	80.7	81.6	82.2	82.6	83.5	84.5
4	66.3	68.1	68.9	70.1	71.3	71.8	72.5	72.8	74.9	75.9	76.0	77.8	78.7	79.0	80.2	80.7	81.6	82.5	83.1	83.4	84.3
5	66.8	68.4	68.9	69.6	70.5	71.9	72.6	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.3	78.8	79.9	81.2	81.4	82.7	82.7	83.5	84.3
6	66.2	67.8	68.9	69.7	70.5	71.8	72.7	73.4	73.9	75.0	76.2	77.4	77.8	78.6	79.3	80.2	80.8	82.1	81.8	83.0	83.4
7	65.9	67.1	68.5	69.5	70.8	71.5	72.3	73.2	73.5	74.1	76.0	76.7	77.2	78.1	78.6	80.0	81.0	81.3	81.7	82.9	83.8
8	65.6	66.7	68.7	69.5	71.0	71.4	72.0	72.8	74.7	75.1	75.6	76.1	77.4	77.9	78.4	79.4	80.4	81.3	81.7	82.2	83.4
9	65.9	67.1	67.6	69.0	70.6	71.5	71.9	72.7	73.1	74.5	75.3	76.4	76.8	77.8	78.9	79.6	79.7	80.8	81.4	81.8	83.5
10	65.0	65.8	66.9	68.6	69.7	70.8	71.3	72.3	73.4	73.5	74.9	76.0	76.8	77.2	78.4	79.1	80.5	81.1	81.5	82.8	83.6
11	65.5	65.8	67.0	68.7	69.5	69.7	70.6	72.1	73.1	73.7	75.0	76.0	77.0	78.5	78.4	78.9	80.7	81.1	81.2	82.3	83.5
12	64.2	65.6	66.0	67.7	68.3	69.9	70.1	70.3	71.7	73.1	74.1	74.3	75.0	75.6	76.7	77.2	78.6	80.2	80.2	79.9	81.4
13	63.9	65.1	65.6	66.9	67.5	68.8	70.2	70.3	71.0	71.8	72.9	74.2	74.9	75.4	76.1	77.0	77.6	78.7	79.1	79.6	79.7
14	62.7	64.2	65.2	65.9	67.2	68.2	68.6	69.3	70.5	71.0	72.3	72.6	73.6	74.1	74.5	75.2	76.6	77.2	77.5	78.1	79.0
15	62.1	63.3	64.1	64.7	65.3	66.0	68.1	68.4	69.1	70.0	70.4	71.1	72.3	73.1	73.4	74.2	75.2	76.5	76.8	77.8	78.1
16	61.5	62.5	64.1	65.1	65.3	65.2	66.7	67.0	67.7	68.6	69.1	69.7	71.0	71.3	71.9	72.3	72.7	73.6	74.2	74.4	74.6

		Dato medido con MatrixXX + MultiCode (cGy; DM (145°))																			
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
16	61.3	61.9	62.6	63.2	63.9	64.6	65.4	66.1	66.7	67.5	68.1	68.6	69.2	69.9	70.5	71.1	71.6	72.1	72.6	73.0	73.5
15	61.4	62.2	62.7	63.5	64.2	65.0	65.7	66.6	67.2	67.9	68.7	69.3	69.9	70.6	71.2	71.9	72.5	73.1	73.6	74.2	74.7
14	62.0	62.7	63.7	64.5	65.3	66.0	66.8	67.6	68.3	69.0	69.7	70.4	71.0	71.6	72.4	73.0	73.6	74.3	74.9	75.5	75.9
13	62.6	63.4	64.4	65.3	66.1	66.8	67.6	68.4	69.1	69.7	70.4	71.0	71.7	72.4	73.2	73.9	74.5	75.2	75.8	76.5	77.2
12	63.1	64.0	64.9	65.7	66.6	67.4	68.1	68.8	69.6	70.2	70.9	71.6	72.3	73.0	73.7	74.5	75.2	75.9	76.5	77.2	77.7
11	63.5	64.5	65.4	66.3	67.0	67.7	68.5	69.2	69.9	70.6	71.5	72.1	72.7	73.5	74.3	74.9	75.7	76.4	77.0	77.7	78.3
10	63.9	64.8	65.7	66.6	67.3	68.0	68.6	69.4	70.2	71.0	71.9	72.5	73.1	73.9	74.7	75.4	76.1	76.8	77.5	78.1	78.7
9	64.2	65.1	66.0	66.7	67.5	68.1	68.8	69.6	70.5	71.3	72.0	72.8	73.5	74.3	75.0	75.7	76.4	77.2	77.7	78.5	79.0
8	64.5	65.4	66.1	66.8	67.6	68.3	69.0	69.9	70.7	71.6	72.4	73.1	73.8	74.5	75.4	76.1	76.8	77.5	78.1	78.7	79.4
7	64.6	65.4	66.2	66.9	67.6	68.4	69.3	70.1	70.9	71.7	72.6	73.4	74.0	74.8	75.7	76.4	77.1	77.7	78.5	79.1	79.7
6	64.8	65.5	66.2	66.9	67.7	68.5	69.3	70.1	70.9	71.7	72.5	73.3	74.0	74.8	75.6	76.4	77.1	77.8	78.6	79.2	79.8
5	64.9	65.6	66.3	67.1	67.8	68.7	69.6	70.6	71.4	72.3	73.1	73.9	74.5	75.4	76.0	76.8	77.5	78.1	78.8	79.5	80.1
4	65.0	65.6	66.4	67.1	67.9	68.8	69.7	70.6	71.6	72.5	73.2	74.0	74.5	75.2	76.0	76.7	77.5	78.1	78.8	79.5	80.2
3	65.1	65.7	66.5	67.3	68.1	68.9	69.8	70.8	71.6	72.5	73.3	74.1	74.5	75.3	76.1	76.9	77.5	78.2	78.9	79.6	80.3
2	65.2	65.7	66.4	67.3	68.2	69.0	70.0	70.9	71.7	72.5	73.3	74.0	74.5	75.2	76.0	76.7	77.4	78.0	78.8	79.5	80.3
1	65.1	65.7	66.4	67.4	68.2	69.0	70.1	71.0	71.7	72.5	73.2	74.0	74.5	75.2	76.0	76.7	77.4	78.0	78.8	79.5	80.3
1	64.9	65.6	66.1	67.1	67.9	68.6	69.4	70.2	71.0	71.8	72.6	73.3	74.0	74.7	75.4	76.1	76.8	77.5	78.2	78.9	79.6
2	64.8	65.5	66.1	67.0	67.9	68.8	69.7	70.9	71.6	72.4	73.2	73.9	74.7	75.5	76.3	77.0	77.8	78.6	79.4	80.2	81.0
3	64.8	65.6	66.2	67.0	67.9	68.8	69.7	70.9	71.6	72.4	73.2	73.9	74.7	75.5	76.3	77.0	77.8	78.6	79.4	80.2	81.0
4	64.8	65.6	66.2	67.0	67.8	68.7	69.6	70.6	71.5	72.3	73.1	74.0	74.7	75.5	76.3	77.0	77.7	78.5	79.2	79.9	80.5
5	64.8	65.5	66.2	67.0	67.8	68.7	69.6	70.6	71.5	72.3	73.1	74.0	74.7	75.5	76.3	77.0	77.7	78.5	79.2	79.9	80.5
6	64.6	65.5	66.2	67.0	67.8	68.7	69.6	70.6	71.5	72.3	73.1	74.0	74.7	75.5	76.3	77.0	77.7	78.5	79.2	79.9	80.5
7	64.4	65.3	66.1	66.8	67.7	68.6	69.3	70.1	71.0	71.9	72.8	73.6	74.5	75.3	76.0	76.8	77.5	78.5	79.3	80.0	80.6
8	64.1	65.1	66.1	66.8	67.6	68.4	69.2	70.0	70.8	71.6	72.5	73.4	74.3	75.2	76.1	76.9	77.8	78.7	79.6	80.4	81.2
9	64.1	64.9	65.7	66.6	67.5	68.3	69.0	69.8	70.6	71.5	72.3	73.2	74.0	74.7	75.5	76.3	77.0	77.7	78.4	79.2	79.9
10	63.7	64.7	65.7	66.6	67.4	68.0	68.8	69.6	70.4	71.2	72.0	72.8	73.7	74.5	75.1	76.0	76.6	77.4	78.0	78.5	79.2
11	63.4	64.4	65.4	66.3	67.1	67.9	68.6	69.4	70.2	71.0	71.8	72.6	73.4	74.2	75.0	75.8	76.6	77.4	78.1	78.6	79.3
12	62.9	63.8	64.8	65.8	66.7	67.5	68.2	69.0	69.7	70.4	71.2	72.0	72.8	73.5	74.2	75.0	75.6	76.4	77.1	77.7	78.3
13	62.6	63.4	64.4	65.3	66.3	67.0	67.7	68.5	69.3	70.0	70.7	71.5	72.3	72.9	73.6	74.5	75.2	75.8	76.5	77.2	77.8
14	62.0	62.8	63.8	64.6	65.6	66.3	67.1	67.8	68.6	69.3	70.1	70.8	71.6	72.2	72.9	73.6	74.3	74.9	75.5	76.2	76.8
15	61.7	62.7	63.6	64.5	65.4	66.2	67.0	67.8	68.6	69.4	70.2	71.0	71.8	72.6	73.4	74.2	75.0	75.8	76.6	77.3	77.9
16	61.6	62.2	62.8	63.7	64.3	65.1	65.8	66.6	67.2	67.9	68.6	69.3	69.9	70.6	71.3	71.8	72.5	72.8	73.4	73.8	74.4

$FC_{ij}(150^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(150^\circ)$																																		
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
16	65.9	66.0	67.2	68.8	68.7	70.0	70.3	71.5	72.0	72.6	73.0	73.8	74.7	74.9	76.2	76.3	76.9	76.9	77.9	78.8	79.2	79.4	79.3	79.8	79.7	80.2	81.2	80.5	80.8	80.8				
15	65.1	66.8	67.3	68.2	69.3	70.0	70.7	71.7	72.6	73.2	74.1	74.7	75.5	76.4	76.1	77.3	78.7	78.8	79.1	80.4	80.1	80.9	80.4	81.3	81.4	81.9	81.8	82.4	82.4	82.8	83.2	83.5		
14	65.9	66.8	68.5	69.0	69.9	70.8	72.2	72.9	73.3	74.5	75.1	76.5	76.9	77.2	78.0	79.0	79.2	80.3	80.4	80.7	81.4	82.6	82.9	83.5	83.4	84.5	84.4	84.7	85.1	85.6				
13	66.6	67.9	68.9	69.7	70.9	72.2	73.1	73.7	74.5	75.6	76.2	76.6	77.4	78.5	79.4	80.9	80.3	81.2	81.6	82.5	83.0	83.2	83.4	84.5	84.4	84.7	85.1	85.6						
12	67.9	68.8	70.1	70.4	71.5	73.1	73.8	74.2	75.6	75.6	76.6	77.8	78.2	78.5	79.3	80.1	81.4	82.2	82.1	82.8	83.3	84.1	84.7	85.3	85.5	86.0	85.2	86.0	85.9	85.7	86.5	86.7		
11	68.2	69.2	69.7	70.4	72.1	73.3	74.6	75.1	75.7	76.4	77.5	77.8	78.4	79.2	80.0	81.0	80.6	81.9	82.6	83.1	84.1	84.8	85.1	86.4	86.2	86.0	86.5	87.0	86.9	86.6	86.3	87.5		
10	68.1	68.5	70.1	71.3	71.9	73.6	75.4	76.1	76.7	77.4	78.8	78.7	79.3	80.1	81.4	82.0	81.9	83.0	84.0	84.3	85.0	86.0	86.3	86.5	87.0	86.3	86.8	87.0	86.7	86.9	86.7	87.7		
9	68.4	69.5	70.6	71.5	72.9	73.3	74.8	75.2	75.9	77.3	77.5	78.5	79.3	79.8	80.4	81.2	82.7	83.1	83.9	84.6	84.7	85.8	86.1	86.5	87.3	88.1	87.4	88.3	88.1	88.0	87.6	88.3		
8	68.6	69.5	70.8	72.0	73.5	74.0	75.3	75.7	76.7	77.4	77.9	78.3	79.5	79.6	81.0	81.5	82.5	83.7	84.2	84.4	84.8	85.6	86.3	87.5	87.3	87.6	88.1	88.5	88.3	88.2	87.3	88.8		
7	68.5	70.3	71.5	72.1	73.1	74.2	75.5	75.5	76.8	77.5	78.2	79.7	79.3	80.1	81.3	81.8	83.0	83.6	84.0	84.9	85.6	85.9	87.0	87.0	87.4	87.4	87.7	88.4	88.7	88.5	88.8	88.8	88.9	
6	69.4	70.8	71.7	72.4	74.0	74.8	75.5	76.4	76.9	77.9	78.9	79.6	79.8	80.8	81.6	82.2	83.2	83.9	84.4	85.2	85.1	86.1	86.3	87.1	87.8	88.6	88.7	89.2	89.1	88.7	88.4	88.7		
4	69.4	70.7	71.5	73.1	73.3	74.3	75.7	75.9	76.9	77.9	78.6	79.2	79.5	80.7	82.0	83.3	83.6	84.4	84.7	85.0	86.0	86.9	87.3	87.3	88.4	89.5	88.5	89.3	88.7	89.3	89.0	89.9		
3	70.0	71.2	71.9	72.9	73.7	74.8	75.5	76.2	77.2	78.3	78.9	79.6	80.4	80.9	81.8	83.3	83.6	84.7	84.5	85.4	86.6	86.9	87.4	87.3	88.0	89.0	88.6	89.9	89.3	89.5	89.4	89.4		
2	69.2	71.3	71.8	72.7	73.7	75.0	76.0	76.7	76.7	78.0	78.9	80.1	80.7	80.5	81.8	83.1	84.0	84.3	85.1	85.4	86.7	86.8	87.7	87.3	88.1	88.3	88.5	89.6	89.0	89.7	89.3	90.1		
1	70.2	70.8	71.7	72.5	74.1	75.3	76.1	76.5	77.3	78.5	79.7	79.9	80.9	81.3	81.6	83.3	83.5	84.9	85.0	86.0	86.4	87.8	87.9	88.5	88.5	88.8	88.4	89.4	89.6	89.6	89.4	89.9		
1	70.1	70.9	71.4	72.6	74.3	75.4	76.2	77.1	76.9	79.0	78.9	80.0	80.5	81.0	82.1	82.7	83.6	84.7	85.0	85.8	86.2	87.3	87.3	87.9	87.9	88.9	88.9	88.8	89.8	89.8	89.7	89.8		
2	70.2	71.0	71.4	72.6	73.5	74.7	75.0	76.0	77.5	78.0	79.1	80.3	80.6	81.1	81.7	82.6	83.8	84.9	84.9	85.0	85.9	87.3	87.7	87.7	88.3	89.1	88.9	89.6	89.6	89.8	89.3	90.2		
3	70.0	71.5	73.8	74.0	75.0	75.8	76.2	77.1	77.8	78.6	80.3	80.8	81.3	81.9	82.8	83.2	84.6	85.3	85.0	85.9	87.1	86.9	87.5	88.0	88.5	88.7	89.9	89.3	89.5	89.1	89.4			
4	69.7	71.0	71.2	72.9	73.8	74.2	75.6	76.5	77.4	78.2	79.6	79.9	80.8	81.4	82.2	83.0	83.6	84.4	84.7	85.2	86.2	86.7	87.2	88.3	88.3	88.6	88.7	89.1	90.0	88.7	88.7	89.7		
5	69.2	71.0	71.8	72.7	74.3	74.7	74.6	75.8	77.0	78.4	78.3	79.9	80.0	80.4	81.1	82.2	82.5	83.3	84.6	84.6	85.6	85.5	86.4	86.3	87.1	87.9	88.4	88.4	89.4	89.3	88.8	88.5	89.6	
6	68.9	70.2	71.8	72.8	73.2	74.5	75.3	76.1	77.3	77.8	78.6	79.2	80.6	81.1	81.9	82.4	83.3	84.2	83.8	84.5	85.4	86.4	86.3	87.3	87.9	88.4	88.6	89.0	88.9	88.8	89.3	89.3		
7	68.6	69.9	70.9	72.9	73.3	74.2	75.0	75.7	76.9	77.7	77.9	78.6	80.6	80.5	81.6	81.9	82.3	83.5	82.7	84.7	85.4	85.9	86.1	87.4	86.9	87.8	88.6	88.5	88.2	88.6	88.6	89.5		
8	68.5	69.2	71.0	71.9	73.6	74.2	75.0	75.4	76.1	76.9	77.8	79.1	79.6	80.4	81.4	82.9	83.6	83.6	84.6	85.3	86.0	86.4	86.6	87.3	87.9	88.4	88.8	88.4	89.3	88.8	87.9	88.0	88.9	
9	68.2	69.2	70.6	71.8	73.0	73.3	74.4	75.4	76.2	77.3	77.3	78.6	79.2	79.8	80.8	81.3	82.1	82.6	82.9	84.3	84.8	85.6	86.2	86.4	86.6	87.4	87.3	87.7	87.3	87.6	87.6	88.4		
10	67.4	69.0	69.9	71.8	72.8	74.1	74.1	74.8	75.5	76.3	74.6	74.2	75.2	75.9	76.6	77.2	77.8	78.4	79.0	79.6	80.2	80.8	81.2	81.7	81.7	81.8	82.2	82.7	83.1	82.6	82.7	83.1	84.1	
11	67.9	69.0	70.4	70.9	71.8	73.4	74.3	75.3	75.8	76.7	77.1	77.8	78.3	78.7	80.5	80.9	81.5	82.5	82.8	83.3	83.8	85.3	85.4	85.9	85.8	85.9	86.6	86.1	86.2	86.3	86.7	87.7		
12	67.6	68.7	69.2	69.9	71.1	72.6	73.3	73.9	75.0	75.6	75.8	77.1	78.0	78.6	79.2	79.5	81.1	81.1	82.0	82.9	82.8	83.5	83.7	84.0	84.6	85.4	85.5	85.7	85.3	85.3	86.2	86.6		
13	67.4	68.2	68.8	69.9	70.3	71.5	72.2	72.9	73.7	74.7	75.0	76.5	77.5	77.6	78.7	79.3	80.1	80.7	80.5	81.6	81.9	81.9	82.7	84.3	84.2	84.3	84.9	85.1	84.4	84.6	84.6	85.7		
14	65.8	66.7	67.8	68.9	69.5	70.7	71.2	72.3	73.0	74.2	74.0	75.9	77.1	77.1	78.0	79.0	79.5	79.9	80.3	80.9	81.3	81.9	82.7	83.3	83.4	83.7	84.1	84.2	84.6	84.8	85.2	85.4		
15	64.4	66.1	67.2	67.7	68.5	69.6	70.8	71.0	72.0	72.2	73.2	74.2	74.9	75.4	75.8	76.3	76.4	78.1	78.1	78.8	79.5	80.0	80.2	80.7	80.6	80.5	81.2	81.7	81.3	82.1	81.8	83.0		
16	64.5	65.8	66.4	67.7	68.4	68.8	69.4	70.1	70.8	71.9	72.4	72.5	72.9	74.4	74.8	74.7	76.1	75.8	76.2	76.8	76.9	77.8	78.0	78.2	78.3	78.2	78.8	78.7	78.7	78.8	78.7			

Dosis medida con $MatrixX + MultiCube$ (cGy): $DM_{ij}(150^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	63.7	64.3	64.9	65.6	66.3	67.1	67.7	68.4	68.9	69.7	70.2	70.7	71.2	71.9	72.4	72.9	73.4	73.9	74.3	74.6	75.0	75.4	75.8	76.0	76.3	76.5	76.8	76.9	77.0	77.0			
15	63.8	64.7	65.1	65.9	66.6	67.4	68.2	68.9	69.5	70.2	70.9	71.5	72.0	72.6	73.2	73.8	74.3	74.8	75.3	75.9	76.3	76.7	77.1	77.6	77.8	78.0	78.2	78.6	78.9	79.2	79.5	80.1	
14	64.5	65.3	66.1	66.9	67.7	68.4	69.2	70.0	70.7	71.5	72.1	72.7	73.3	73.9	74.5	75.1	75.8	76.4	76.9	77.5	78.0	78.4	78.9	79.5	80.0	80.3	80.7	81.0	81.2	81.6	81.7	81.7	82.4
13	65.0	65.9	66.8	67.7	68.4	69.2	70.0	70.7	71.5	72.1	72.7	73.3	73.9	74.5	75.1	75.8	76.4	76.9	77.5	78.0	78.4	78.9	79.5	80.0	80.3	80.7	81.0	81.2	81.6	81.7	81.7	82.4	
12	65.6	66.4	67.3	68.2	69.0	69.7	70.5	71.2	71.9	72.5	73.2	73.8	74.4	75.0	75.7	76.4	77.0	77.6	78.1	78.7	79.2	79.7	80.2	80.7	81.1	81.5	82.0	82.2	82.3	82.3	83.0	83.1	83.6
11	65.9	66.8	67.8	68.7	69.4	70.2	70.9	71.5	72.2	72.9	73.6	74.2	74.8	75.4	76.2	76.8	77.5	78.1	78.6	79.2	79.8	80.3	80.8	81.3	81.8	82.2	82.7	82.7	83.0	83.1	83.6	83.6	
10	66.2	67.2	68.2	69.0	69.7	70.4	71.1	71.8	72.5	73.3	74.0	74.6	75.2	75.9	76.6	77.2	77.8	78.4	79.0	79.6	80.2	80.8	81.2	81.7	82.1	82.6	83.1	83.4	83.4	83.5	83.5	84.1	
9	66.7	67.5	68.4	69.2	69.9	70.6	71.3	72.0	72.7	73.4	74.1	74.7	75.4	76.1	76.8	77.5	78.2	78.8	79.4	80.0	80.6	81.2	81.7	82.2	82.7	83.2	83.5	83.5	83.6	83.6	84.1	84.1	
8	66.8	67.8	68.6	69.4	70.0	70.8	71.5	72.2	73.0	73.8	74.5	75.2	75.9	76.5	77.2	77.8	78.6	79.1	79.6	80.2	80.8	81.3	81.8	82.1	82.7	83.2	83.6	84.0	84.2	84.4	84.3	84.8	
7	67.1	67.8	68.7	69.5	70.1	70.9	71.7	72.5	73.2	74.0	74.7	75.4	76.0	76.8	77.6	78.2	78.9	79.4	80.0	80.6	81.1	81.5	82.1	82.4	83.0	83.3	83.8	84.1	84.4	84.6	84.6	85.2	
6	67.2	68.0	68.7	69.5	70.2	71.0	71.9	72.8	73.4	74.3	75.2	75.8	76.5	77.1	77.7	78.5	79.0	79.6	80.2	80.8	81.4	81.9	82.6	82.7	83.1	83.4	83.8	84.2	84.5	84.7	84.7	85.3	
5	67.6	68.1	68.8	69.5	70.2	71.0	71.8	72.6	73.3	74.1	74.9	75.6	76.3	77.0	77.7	78.4	79.1	79.7	80.3	80.9	81.5	82.1	82.6	83.1	83.6	84.0	84.5	84.8	85.1	85.1	85.7		
4	67.5	68.2	68.9	69.6	70.3	71.3	72.1	72.9	73.8	74.6	75.3	76.0	76.5	77.1	77.8	78.4	79.1	79.7	80.3	80.9	81.5	82.2	82.6	83.0	83.4	83.7	84.1	84.4	84.6	84.8	85.1	85.7	
3	67.6	68.3	68.9	69.7	70.4	71.4	72.3	73.1	73.9	74.6	75.4	76.0	76.5	77.1	77.8	78.4	79.1	79.8	80.3	80.9	81.6	82.2	82.6	83.1	83.5	83.9	84.2	84.4	84.6	84.9	85.2	85.8	
2	67.7	68.3	69.0	69.7	70.4	71.4	72.3	73.1	73.9	74.6	75.4	76.0	76.5	77.1	77.8	78.4	79.1	79.8	80.3	80.9	81.6	82.2	82.6	83.1	83.5	83.9	84.2	84.4	84.6	84.9	85.2	85.8	
1	67.7	68.3	69.0	69.8	70.6	71.4	72.4	73.3	74.0	74.6	75.3	76.0	76.5	77.1	77.9	78.6	79.1	79.8	80.4	81.0	81.7	82.4	82.8	83.3	83.7	84.0	84.6	84.7	85.0	85.3	85.6		
1	67.5	68.1	68.7	69.7	70.4	71.4	72.2	73.2	73.9	74.6	75.3	76.0	76.5	77.1	77.9	78.6	79.2	79.8	80.5	81.1	81.8	82.4	82.8	83.3	83.7	84.0	84.4	84.7	84.9	85.2	85.4	86.1	
1	67.9	68.7	69.4	70.2	71.0	71.8	72.6	73.4	74.1	74.9	75.6	76.3	77.0	77.7	78.4	79.1	79.8	80.5	81.2	81.9	82.6	83.2	83.7	84.2	84.7	85.1	85.4	85.7	86.0	86.3	86.6		
3	67.3	68.1	68.7	69.5	70.3	71.2	72.2	73.1	73.9	74.6	75.3	76.0	76.7	77.3	77.9	78.7	79.3	79.9	80.6	81.3	81.9	82.5	82.9	83.3	83.8	84.0	84.5	84.7	84.9	85.2	85.3	85.9	
4	67.3	68.0	68.8	69.6	70.3	71.2	72.1	73.0	73.7	74.5	75.4	76.1	76.7	77.5	78.2	78.9	79.5	80.2	80.8	81.5	81.9	82.5	82.9	83.3	83.7	83.9	84.4	84.7	85.0	85.2	85.2	85.8	
5	67.5	68.2	69.0	69.8	70.6	71.4	72.3	73.1	73.9	74.7	75.5	76.3	77.0	77.8	78.5	79.2	79.9	80.6	81.3	81.9	82.5	83.0	83.4	83.8	84.2	84.6	85.0	85.3	85.6	85.8	86.1		
6	67.2	68.0	68.8	69.5	70.2	71.1	72.0	72.8	73.6	74.4	75.2	76.1	76.8	77.5	78.3	79.0	79.6	80.2	80.8	81.4	81.8	82.2	82.7	83.0	83.5	83.9	84.3	84.6	85.0	85.2	85.1	85.6	
7	67.0	67.8	68.7	69.5	70.2	71.0	71.8	72.6	73.3	74.1	75.0	75.8	76.5	77.2	78.0	78.7	79.3	80.2	80.5	80.9	81.4	82.0	82.4	82.9	83.3	83.9	84.2	84.5	84.7	84.8	84.9	85.4	
8	66.8	67.7	68.6	69.4	70.1	70.9	71.6	72.3	73.1	73.9	74.7	75.6	76.4	77.0	77.7	78.4	79.0	79.7	80.2	80.8	81.2	81.7	82.1	82.5	83.0	83.6	84.0	84.3	84.6	84.6	84.6	85.2	
9	66.6	67.4	68.2	69.0	69.8	70.6	71.4	72.0	72.8	73.5	74.2	75.0	75.8	76.5	77.1	77.8	78.4	79.0	79.6	80.2	80.7	81.2	81.7	82.2	82.7	83.2	83.5	83.8	83.9	83.9	83.9	84.5	
10	65.8	66.8	67.8	68.7	69.6	70.4	71.2	71.8	72.5	73.2	73.9	74.6	75.4	76.0	76.6	77.4	78.0	78.7	79.2	79.7	80.2	80.8	81.4	81.9	82.2	82.7	83.3	83.4	83.5	83.5	83.8	84.0	
11	65.3	66.3	67.4	68.3	69.2	70.0	70.8	71.5	72.2	72.9	73.6	74.3	75.0	75.7	76.4	77.1	77.7	78.3	78.9	79.4	79.9	80.4	81.0	81.5	82.0	82.5	83.0	83.3	83.6	83.8	84.0	84.3	
12	65.0	65.8	66.9	67.8	68.7	69.4	70.3	70.9	71.6	72.2	72.9	73.6	74.3	75.0	75.6	76.4	77.1	77.5	78.1	78.7	79.0	79.6	80.0	80.6	81.2	81.5	81.9	82.1	82.1	82.1	82.1	82.8	
13	64.5	65.3	66.4	67.2	68.1	68.8	69.6	70.3	70.9	71.6	72.3	72.9	73.7	74.2	74.9	75.6	76.1	76.7	77.2	77.6	78.2	78.7	79.1	79.6	79.9	80.7	80.9	81.1	81.4	81.4	81.8	82.0	
14	64.2	65.0	66.1	67.0	67.6	68.3	69.0	69.7	70.4	71.1	71.8	72.5	73.2	73.9	74.6	75.3	75.9	76.5	77.0	77.4	77.9	78.3	78.8	79.2	79.6	80.3	80.5	80.8	81.0	81.1	81.4	81.8	
16	64.1	64.7	65.3	66.1	66.7	67.6	68.2	68.9	69.5	70.2	70.8	71.5	72.0	72.6	73.3	73.7	74.1	74.6	75.0	75.4	75.9	76.1	76.5	76.8	77.1	77.3	77.6	77.7	77.7	77.7	77.7		

$FC_{ij}(155^\circ)$

		Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(155^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
16		69.3	69.8	69.3	70.3	71.8	71.9	73.0	73.8	74.1	75.3	75.1	75.8	76.8	77.3	78.1	78.0	78.4	78.7	80.2	80.4	80.4	81.0	81.5	82.3	82.0	82.6	82.4	82.9	82.4	82.6	82.5	82.7	81.8	81.8
15	67.5		68.8	69.5	71.0	72.0	72.9	73.4	73.8	74.8	75.3	75.9	76.4	77.4	77.6	78.4	78.7	80.2	80.4	80.4	81.0	81.5	82.3	82.0	82.6	82.4	82.9	82.4	82.6	82.5	82.7	81.8	81.8	81.9	
14	69.1	70.0		70.1	72.3	73.1	73.6	74.2	74.4	75.5	76.7	77.8	78.4	78.6	79.3	79.8	80.5	80.9	81.5	81.5	82.1	82.3	83.3	83.7	84.2	83.9	84.6	83.6	84.1	83.8	84.0	83.9	83.3	83.3	
13	69.6	70.6	71.3		72.3	73.0	74.2	75.5	75.3	76.6	77.5	78.6	79.4	79.7	79.8	81.1	81.5	81.4	82.6	83.0	83.7	83.7	84.4	84.6	85.0	85.2	85.7	85.9	86.3	84.5	84.3	84.5	84.0	84.0	
12	69.6	71.1	72.3	73.3		74.4	75.0	76.1	76.9	77.8	77.9	79.2	79.5	80.2	80.8	81.5	82.2	82.9	84.2	83.7	84.3	84.9	86.0	85.2	86.3	86.1	86.4	86.8	86.6	86.0	85.0	84.9	85.0	85.0	
11	69.9	71.3	72.0	73.1	75.0		75.6	76.5	76.6	78.3	79.2	79.7	80.2	80.6	81.3	81.8	82.1	83.0	84.0	83.9	84.6	85.0	86.3	86.3	86.6	87.3	87.3	87.5	86.6	86.9	86.2	85.9	85.3	85.3	
10	70.4	72.0	72.8	73.6	74.6	75.6		76.7	77.4	77.7	78.7	79.9	80.4	80.6	82.2	81.9	82.6	83.2	84.1	84.3	84.5	85.5	86.2	85.2	86.5	87.2	87.1	87.8	87.4	88.1	87.5	87.5	87.0	86.1	
9	70.9	71.8	73.2	74.1	75.0	76.0	76.9		77.5	78.5	79.2	79.7	80.6	81.5	81.6	82.2	83.1	83.4	84.5	84.2	85.6	86.3	86.8	86.5	87.7	87.7	88.0	87.9	88.2	87.8	87.4	87.7	86.3	86.3	
8	70.9	72.3	73.6	74.6	75.7	77.0	77.2	77.8		78.7	79.3	80.3	80.9	81.4	81.7	82.5	83.5	83.8	84.8	85.1	85.8	86.4	86.7	87.3	88.2	87.2	88.5	88.3	88.6	87.7	87.8	87.7	86.3	86.3	
7	71.6	73.2	73.7	74.8	76.2	77.4	77.8	78.3	79.1		79.0	80.3	81.4	81.4	82.1	83.2	83.4	84.7	85.5	85.1	86.3	86.8	87.2	87.5	88.0	88.2	88.6	89.0	88.8	88.8	87.9	87.1	86.4	86.4	
6	70.9	73.0	74.1	75.0	75.8	77.3	78.2	78.8	78.6	79.4		80.7	81.5	81.7	83.2	84.1	84.7	84.8	85.2	85.5	86.1	87.1	87.6	87.4	87.9	88.3	88.1	88.7	89.0	89.3	88.9	88.7	87.7	86.8	86.8
5	71.2	73.2	73.8	74.4	75.8	76.6	77.6	78.3	79.1	79.8	80.9		81.5	82.1	83.8	83.5	83.7	84.2	85.3	85.8	87.2	87.1	87.4	87.1	88.0	88.1	88.7	89.0	89.3	88.9	88.7	87.7	86.8	86.8	
4	71.4	73.1	73.9	74.9	75.9	77.3	78.1	78.4	79.1	80.2	80.6	81.8		81.8	82.6	83.4	84.1	84.6	85.5	85.7	86.7	87.4	87.4	87.6	87.7	88.1	88.4	89.2	89.7	88.9	88.7	87.4	87.5	87.5	
3	72.1	74.3	74.1	74.9	76.2	77.4	78.1	79.1	79.8	80.3	81.4	82.0	82.2	82.8	83.8	84.2	84.5	85.1	86.4	86.3	87.0	87.6	87.5	87.3	88.3	88.4	88.8	89.1	89.6	89.4	88.5	87.7	87.5	87.5	
2	72.4	73.8	74.3	76.0	76.9	77.1	78.3	79.0	79.8	80.3	81.4	82.1	83.0	83.4	84.1	84.9	84.9	85.3	86.6	86.8	87.3	87.7	87.6	88.7	88.5	88.8	89.3	90.2	89.9	89.7	88.7	88.2	87.5	87.5	
1	72.3	73.5	74.0	75.7	76.9	77.7	78.3	78.6	79.7	80.9	81.6	82.1	82.9	82.7	83.9	84.4	85.2	86.0	85.8	86.4	86.2	87.7	88.0	88.6	88.9	88.5	89.1	89.9	89.7	89.4	88.2	87.8	87.8	87.8	
1	72.1	73.8	74.1	74.4	76.1	77.3	78.1	78.7	79.3	80.2	81.1	81.8	82.8	82.8	83.8	84.8	85.0	85.0	85.5	86.1	87.1	87.8	87.4	87.9	88.3	89.1	89.2	89.9	89.7	89.5	89.4	88.5	87.6	87.6	
2	72.1	73.3	74.5	75.3	76.6	77.5	78.4	79.3	79.4	80.3	80.9	82.3	83.1	83.3	84.0	84.3	85.8	85.8	86.1	87.0	87.4	87.6	87.8	88.1	88.8	89.0	89.9	89.8	89.5	88.8	88.4	87.5	87.5	87.5	
3	72.2	74.0	74.8	75.9	76.9	77.7	78.1	79.1	79.0	80.1	81.0	81.7	82.9	82.9	83.5	84.7	85.4	86.1	86.1	86.6	87.3	88.1	87.8	88.3	88.2	89.6	89.4	90.0	89.4	89.5	88.7	87.0	87.0	87.0	
4	72.3	73.2	74.1	75.3	76.4	77.4	77.7	78.6	79.3	80.4	81.3	81.2	82.2	82.7	83.9	85.0	85.3	86.4	85.9	86.3	87.0	87.6	87.3	88.4	89.0	89.4	88.8	89.7	89.0	89.9	88.4	87.1	87.1	87.1	
5	71.5	73.6	73.6	74.9	77.0	77.0	77.8	78.6	79.0	79.7	80.7	81.6	82.5	83.0	83.7	84.2	85.0	85.8	86.0	86.4	87.0	87.8	87.8	88.4	88.3	88.8	89.1	89.1	89.6	89.0	88.8	87.4	87.4	87.4	
6	71.6	73.3	74.3	75.6	76.2	76.8	78.2	78.6	79.8	79.7	80.5	81.5	82.1	82.6	83.4	84.3	84.7	85.7	85.3	86.4	87.0	87.6	87.3	87.8	88.0	88.8	89.1	89.4	89.5	87.9	87.4	87.4	87.4		
7	71.1	72.8	73.6	75.4	76.1	76.8	77.9	78.4	79.4	80.0	80.5	81.0	82.3	82.3	82.5	83.7	83.9	84.8	85.2	85.6	86.2	87.4	86.9	87.8	87.8	88.1	89.0	88.9	88.5	87.6	87.5	86.5	86.5		
8	71.3	72.4	73.4	74.9	75.6	77.0	77.6	78.0	79.4	79.5	80.3	81.0	81.1	82.2	83.0	83.5	83.9	84.8	85.1	85.8	86.6	86.3	87.2	87.8	88.3	89.0	88.7	88.4	87.9	87.8	87.8	87.3	87.3		
9	70.6	72.3	72.8	74.3	75.2	76.4	76.8	77.5	78.9	79.4	80.0	80.9	81.4	81.7	82.9	83.1	83.3	85.1	85.2	85.3	85.4	86.3	87.3	87.3	87.6	88.0	88.0	88.5	87.4	87.2	87.1	86.5	86.5		
10	70.6	71.8	72.6	74.7	75.4	76.4	77.7	78.0	78.3	79.3	80.2	80.4	80.9	81.6	82.1	82.4	82.6	84.4	85.0	85.3	85.8	86.5	86.7	87.1	87.5	87.9	87.6	86.6	87.2	87.0	85.4	85.4	85.4		
11	69.6	71.0	72.1	73.1	74.4	75.2	76.5	77.0	78.4	79.3	80.0	80.0	80.5	81.0	81.6	82.5	83.0	83.8	83.8	84.9	85.1	86.1	86.4	86.8	86.6	86.7	87.0	87.3	87.2	86.2	86.3	85.5	85.5	85.5	
12	69.4	70.7	71.6	72.4	73.7	75.0	75.6	76.1	77.2	78.4	77.8	78.6	80.0	80.4	80.8	81.4	82.5	82.6	82.8	83.8	84.0	85.0	85.1	85.3	85.4	86.0	86.4	86.1	85.6	85.0	84.3	84.3	84.3		
13	68.8	70.8	71.2	72.2	73.7	73.9	74.8	75.1	76.2	77.3	77.6	78.6	79.1	79.3	80.7	80.7	81.3	82.5	82.6	82.5	83.1	83.7	84.0	84.2	83.6	84.9	84.7	84.9	84.9	84.6	84.1	83.7	83.7	83.7	
14	67.8	69.4	70.1	72.0	72.3	73.8	73.8	74.2	75.3	76.4	76.6	77.3	77.8	79.2	79.2	79.7	80.1	81.2	81.8	82.0	81.8	82.4	83.1	83.1	83.1	83.1	83.2	84.4	84.5	83.9	83.2	83.2	83.0	83.0	
15	67.4	69.0	69.0	69.9	71.0	72.6	72.8	73.1	73.6	74.6	75.4	76.7	76.5	77.1	77.2	78.5	79.0	80.0	79.8	79.7	80.5	81.3	81.6	82.4	82.1	83.0	82.0	82.9	82.3	82.1	81.7	80.8	80.8	80.8	
16	67.3	69.3	68.0	68.9	71.0	71.0	71.9	72.5	73.4	74.0	74.8	76.4	76.7	76.6	75.1	75.2	76.4	76.7	77.8	77.8	78.6	78.8	78.8	79.4	79.2	79.7	79.6	79.8	79.2	79.4	78.5	78.5	78.5	78.5	

		Dosis medida con MatrixXX + MultiCode (cGy): DM _{ij} (155°)																															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16		65.9	66.5	67.1	67.8	68.4	69.1	69.7	70.5	70.9	71.5	72.0	72.5	72.9	73.5	74.0	74.4	74.8	75.1	75.6	75.8	76.1	76.4	76.8	76.8	77.1	77.3	77.4	77.4	77.3	77.1	77.1	
15	66.0		66.6	67.4	68.2	68.8	69.5	70.3	71.0	71.6	72.1	72.8	73.3	73.8	74.3	74.8	75.3	75.7	76.2	76.7	77.0	77.4	77.7	78.0	78.4	78.8	78.9	79.1	79.3	79.3	79.2	78.8	
14	66.6	67.4		68.4	69.2	69.9	70.6	71.3	72.0	72.7	73.3	73.9	74.4	74.9	75.4	76.0	76.5	76.9	77.4	77.8	78.2	78.5	79.0	79.3	79.7	79.9	80.2	80.5	80.7	80.8	80.3	80.0	80.0
13	67.1	68.1	69.1		70.0	70.7	71.4	72.1	72.8	73.5	74.2	74.8	75.3	75.8	76.3	76.8	77.3	77.8	78.3	78.8	79.3	79.8	80.2	80.7	81.0	81.4	81.7	82.0	82.3	82.4	82.4	81.7	81.6
12	67.7	68.6	69.6	70.4		71.1	71.9	72.6	73.3	74.0	74.5	75.1	75.6	76.2	76.7	77.3	77.9	78.4	78.9	79.3	79.8	80.2	80.7	81.0	81.4	81.7	82.0	82.3	82.4	82.4	82.4	81.7	81.6
11	68.0	68.9	70.0	70.9	71.6		72.3	73.1	73.7	74.3	74.9	75.6	76.1	76.6	77.1	77.8	78.3	78.8	79.3	79.8	80.3	80.8	81.2	81.6	82.0	82.4	82.6	83.0	83.3	83.3	82.9	82.6	82.0
10	68.3	69.0	70.1	71.2	71.9	72.7		73.3	74.0	74.6	75.2	75.8	76.4	77.0	77.5	78.1	78.7	79.2	79.7	80.2	80.7	81.1	81.6	82.0	82.4	82.7	83.1	83.4	83.8	83.9	83.3	83.0	82.6
9	68.6	69.6	70.6	71.6	72.3	73.1	73.9		74.5	75.1	75.7	76.3	76.9	77.5	78.1	78.7	79.3	79.9	80.5	81.0	81.5	82.0	82.5	83.0	83.5	84.0	84.5	84.9	85.3	84.9	84.3	83.8	83.4
8	68.9	70.0	70.9	71.7	72.2	73.0	73.6	74.4		75.1	75.7	76.3	76.9	77.5	78.1	78.7	79.3	79.9	80.5	81.0	81.5	82.0	82.5	83.0	83.5	84.0	84.5	84.9	85.3	84.9	84.3	83.8	83.4
7	69.1	70.0	71.0	71.7	72.3	73.0	73.9	74.5	75.2		75.8	76.6	77.2	77.8	78.4	79.1	79.6	80.2	80.6	81.1	81.6	82.0	82.5	83.0	83.5	84.0	84.5	84.9	85.3	84.9	84.3	83.8	83.4
6	69.4	70.1	71.1	71.8	72.4	73.1	73.9	74.6	75.3	76.0		76.6	77.2	77.8	78.4	79.1	79.6	80.2	80.6	81.1	81.6	82.0	82.5	83.0	83.5	84.0	84.5	84.9	85.3	84.9	84.3	83.8	83.4
5	69.4	70.3	71.1	71.8	72.5	73.3	74.1	74.8	75.6	76.3	77.0		77.7	78.2	78.9	79.4	80.0	80.4	80.9	81.4	82.0	82.4	82.9	83.1	83.5	83.9	84.0	84.3	84.5	84.6	84.6	84.3	83.7
4	69.6	70.4	71.2	71.9	72.6	73.4	74.1	74.9	75.7	76.5	77.2	77.8		78.2	78.7	79.3	79.8	80.4	80.9	81.4	82.0	82.5	83.1	83.5	83.9	84.2	84.4	84.6	84.6	84.7	84.4	83.9	
3	69.7	70.5	71.2	72.0	72.7	73.4	74.2	74.9	75.7	76.5	77.2	77.8	78.4		78.8	79.3	79.8	80.4	80.9	81.4	82.0	82.5	83.1	83.5	83.9	84.2	84.4	84.6	84.6	84.7	84.4	83.9	
2	69.8	70.5	71.2	72.0	72.8	73.5	74.5	75.1	76.0	76.7	77.2	77.9	78.5	78.8		79.3	79.8	80.3	80.9	81.5	82.1	82.5	83.1	83.5	83.8	84.1	84.3	84.6	84.8	84.8	84.6	84.2	
1	69.8	70.5	71.2	72.2	72.8	73.5	74.5	75.3	76.0	76.6	77.2	77.8	78.5	78.8	79.4		80.0	80.5	81.0	81.6	82.1	82.6	83.2	83.7	84.0	84.2	84.4	84.6	84.8	84.8	84.9	84.8	84.3
0	69.7	70.4	71.1	71.9	72.6	73.4	74.2	74.9	75.6	76.3	77.0	77.7	78.4	78.7	79.3	79.8		80.4	80.9	81.5	82.0	82.5	83.1	83.6	84.0	84.3	84.5	84.8	84.8	84.9	84.8	84.3	
0	69.7	70.4	71.2	72.0	72.7	73.5	74.4	75.3	76.0	76.5	77.2	77.9	78.5	78.9	79.4	80.0	80.5		81.2	81.8	82.4	82.8	83.3	83.7	84.1	84.3	84.5	84.8	84.9	84.9	85.0	84.8	84.3
1	69.6	70.5	71.1	71.8	72.7	73.4	74.3	75.1	75.9	76.5	77.3	77.9	78.5	79.1	79.6	80.2	80.7	81.3	81.9	82.5	83.0	83.4	83.7	84.1	84.3	84.6	84.8	85.0	85.0	85.0	84.8	84.2	
2	69.5	70.5	71.2	72.0	72.6	73.4	74.2	75.1	75.8	76.4	77.4	78.0	78.5	79.2	79.8	80.3	80.9	81.5	82.0	82.5	83.0	83.4	83.7	84.1	84.2	84.5	84.8	85.0	85.0	85.0	84.7	84.2	
3	69.5	70.4	71.2	72.0	72.6	73.4	74.2	75.0	75.6	76.4	77.2	77.9	78.5	79.2	79.8	80.3	80.9	81.5	82.0	82.5	83.0	83.4	83.7	84.1	84.2	84.5	84.8	85.0	85.0	84.9	84.7	84.2	
4	69.3	70.3	71.2	71.9	72.6	73.4	74.2	74.9	75.7	76.4	77.1	78.0	78.5	79.2	79.9	80.5	81.1	81.6	82.1	82.5	82.9	83.2	83.5	83.7	84.2	84.4	84.7	85.0	85.0	84.9	84.5	83.9	
5	69.2	70.1	71.1	71.8	72.6	73.4	74.0	74.7	75.5	76.2	76.9	77.6	78.3	79.1	79.6	80.2	80.8	81.6	81.8	82.1	82.5	82.9	83.2	83.5	84.0	84.4	84.7	84.8	84.8	84.6	84.2	83.7	
6	69.1	70.0	71.0	71.7	72.5	73.3	74.0	74.7	75.4	76.1	76.8	77.5	78.2	78.9	79.6	80.2	80.8	81.6	81.8	82.1	82.5	82.9	83.2	83.5	84.0	84.4	84.7	84.8	84.8	84.6	84.2	83.7	
7	68.9	69.8	70.8	71.5	72.3	73.1	73.8	74.5	75.2	75.8	76.5	77.2	77.9	78.5	79.1	79.7	80.2	80.8	81.3	81.7	82.1	82.5	83.0	83.4	83.7	84.0	84.3	84.4	84.4	84.2	83.3	83.2	
8	68.4	69.4	70.5	71.3	72.2	72.8	73.6	74.2	75.0	75.6	76.2	76.9	77.6	78.2	78.8	79.5	79.9	80.5	81.0	81.4	81.8	82.3	82.6	83.1	83.4	83.7	84.0	84.3	84.4	84.0	83.8	83.4	
9	68.1	69.1	70.1	70.9	71.7	72.4	73.1	73.8	74.5	75.2	75.9	76.6	77.3	77.9	78.6	79.3	79.9	80.5	81.0	81.5	82.0	82.5	83.0	83.5	84.0	84.3	84.6	84.8	84.8	84.5	83.9	83.5	
10	67.7	68.6	69.6	70.6	71.4	72.2	72.9	73.6	74.3	75.0	75.6	76.3	76.9	77.4	78.0	78.5	79.1	79.6	80.1	80.6	80.9	81.4	81.8	82.1	82.4	82.5	82.8	82.9	82.9	82.4	82.0	81.4	
11	67.3	68.2	69.3	70.1	71.0	71.7	72.4	73.1	73.9	74.4	75.0	75.6	76.3	76.8	77.4	78.0	78.6	79.0	79.6	80.0	80.4	80.8	81.2	81.6	81.9	82.1	82.3	82.4	82.2	82.2	81.8	81.4	
12	66.8	67.7	68.8	69.5	70.4	71.1	71.7	72.4	73.1	73.7	74.3	74.9	75.6	76.1	76.7	77.3	77.7	78.2	78.6	79.1	79.4	79.8	80.1	80.5	80.7	80.9	81.2	81.4	81.4	81.4	80.9	80.5	
13	66.7	67.7	68.7	69.4	70.2	71.0	71.6	72.2	72.9	73.5	74.1	74.7	75.3	75.9	76.4	77.0	77.4	77.9	78.3	78.8	79.2	79.6	79.9	80.3	80.6	80.9	81.2	81.4	81.4	81.4	80.9	80.5	
14	66.4	67.0	67.7	68.4	69.0	69.8	70.4	71.1	71.5	72.2	72.7	73.3	73.8	74.3	74.9	75.3	75.6	76.0	76.4	76.7	77.0	77.3	77.5	77.8	78.0	78.1	78.2	78.0	78.0	77.8	77.8		

$FC_{ij}(160^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(160^\circ)$																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	70.2	71.1	72.0	72.4	73.8	75.1	74.6	75.9	76.4	77.1	77.1	77.7	77.9	78.9	79.7	80.1
15	70.3	71.2	72.0	72.6	74.0	74.8	75.9	76.2	76.8	76.8	78.4	78.4	79.1	80.6	80.6	80.8
14	70.5	72.3	72.4	74.1	75.4	75.2	76.4	76.8	77.4	78.5	79.0	79.7	80.2	80.4	81.2	81.4
13	71.4	72.0	74.0	74.6	75.9	75.7	77.2	78.1	78.5	79.2	80.3	81.0	81.1	83.7	83.2	83.7
12	72.1	73.2	74.2	74.7	76.2	77.1	78.3	78.8	79.7	80.4	80.7	81.7	81.8	83.9	82.7	83.6
11	72.3	74.2	74.8	75.5	76.7	77.8	78.9	79.1	80.1	80.4	81.9	82.2	82.4	82.0	83.4	84.0
10	72.5	74.3	75.1	75.9	77.3	78.3	79.5	80.5	81.3	81.2	82.3	82.8	83.0	83.0	84.1	84.9
9	72.9	74.0	75.0	76.3	77.7	78.2	79.4	79.8	80.2	80.9	81.2	82.5	82.8	83.0	83.7	84.7
8	73.7	74.5	75.8	76.7	78.0	78.9	79.1	80.1	81.1	83.3	82.1	83.3	83.4	83.8	84.9	84.9
7	74.0	74.7	76.6	77.3	78.3	79.3	79.5	80.1	81.3	81.7	82.2	83.5	84.2	83.8	84.8	85.5
6	74.1	75.2	76.8	76.8	78.0	79.3	79.8	80.2	80.9	81.2	82.4	82.8	83.3	83.3	84.1	84.9
5	73.7	75.0	76.5	77.0	77.7	79.1	79.6	80.4	80.3	81.8	83.0	83.2	84.1	84.4	85.7	85.9
4	73.7	75.3	76.9	77.3	78.5	79.4	80.3	80.9	81.0	81.8	83.0	83.7	83.9	84.7	84.8	85.5
3	74.2	75.4	76.9	77.5	78.5	79.7	80.2	81.1	81.5	82.2	83.1	83.5	84.7	84.2	84.9	85.4
2	74.1	75.9	77.4	78.0	79.4	79.9	80.4	80.7	81.3	82.5	82.5	83.6	84.1	84.3	85.4	85.7
1	74.4	76.2	77.3	77.9	78.7	79.8	80.8	80.8	81.6	82.9	82.7	83.6	84.4	85.0	85.8	85.9
16	73.7	76.5	76.2	77.6	78.4	79.2	80.2	81.4	81.6	82.3	82.5	83.1	84.0	85.1	85.2	85.9
15	73.9	75.3	76.9	78.4	78.6	79.6	80.2	81.2	81.4	82.4	82.6	83.7	84.4	85.2	84.6	85.1
14	74.2	76.5	76.9	78.4	78.4	79.7	80.4	80.5	81.4	81.8	83.3	83.6	84.5	84.7	85.0	85.4
13	73.8	76.6	76.9	78.1	78.8	79.0	79.9	80.7	81.5	82.2	82.9	83.5	83.9	84.8	85.4	85.9
12	73.4	75.5	76.3	77.4	79.1	79.3	80.0	81.1	81.3	81.9	82.6	83.6	83.8	84.6	85.2	85.8
11	73.5	75.6	76.6	77.3	78.6	79.4	79.4	80.7	81.2	82.0	82.4	83.3	83.9	84.0	84.8	85.1
10	73.0	73.8	75.5	76.8	78.3	78.8	79.8	80.1	80.9	82.1	81.8	83.0	83.5	84.1	84.0	84.2
9	73.4	74.5	76.0	76.1	78.1	79.1	80.5	79.7	80.2	81.7	81.8	82.7	83.0	83.6	84.4	84.8
8	72.9	73.9	75.2	76.8	77.2	78.9	79.1	79.8	80.9	81.2	81.0	82.1	82.6	83.7	84.2	84.4
7	70.4	71.1	72.2	73.0	73.7	74.5	75.1	75.6	76.2	76.7	77.9	77.7	78.1	78.6	79.1	79.6
6	72.5	73.6	74.8	74.4	76.6	77.7	78.9	79.1	79.6	81.2	81.5	82.0	82.4	82.4	83.4	84.2
5	71.6	72.6	73.8	74.5	75.8	76.1	77.4	78.4	78.6	79.7	81.6	81.4	82.0	82.3	82.7	83.5
4	71.0	72.6	73.3	74.3	74.9	76.2	77.3	77.3	78.4	79.3	79.4	80.5	81.2	81.6	82.5	83.1
3	71.6	71.5	72.3	73.8	75.0	75.0	76.6	76.1	77.5	77.6	78.8	79.3	79.4	79.9	80.5	81.7
2	69.4	71.0	72.2	72.9	73.8	74.4	76.1	75.2	75.7	76.8	76.9	78.0	78.7	78.9	79.4	79.1
16	69.5	70.2	70.9	72.4	72.5	73.4	73.6	74.9	75.0	75.7	75.3	76.4	77.1	77.5	77.4	77.8

Dosis medida con <i>MatrixX</i> + <i>MultiCub</i> (cGy): $DM_{ij}(160^\circ)$															
Detector <i>ij</i>	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
16	67.8	68.4	69.0	69.6	70.3	70.9	71.4	72.0	72.5	73.1	73.4	73.9	74.3	74.7	75.1
15	67.8	68.8	69.0	70.0	70.6	71.4	72.0	72.7	73.2	73.7	74.4	74.7	75.1	75.6	76.4
14	68.5	69.3	70.3	71.1	71.7	72.4	73.0	73.7	74.3	74.8	75.4	75.7	76.2	76.7	77.1
13	68.9	69.9	70.9	71.8	72.4	73.1	73.8	74.5	75.1	75.6	76.1	76.4	76.9	77.4	77.9
12	69.4	70.4	71.5	72.2	73.0	73.7	74.4	75.0	75.6	76.1	76.6	76.9	77.4	77.9	78.4
11	69.8	70.8	71.8	72.7	73.4	74.1	74.8	75.4	75.9	76.4	77.0	77.4	77.8	78.3	78.8
10	70.4	71.4	72.2	73.0	73.7	74.5	75.1	75.6	76.2	76.7	77.1	77.7	78.1	78.6	79.1
9	70.4	71.4	72.4	73.3	73.9	74.6	75.1	75.7	76.3	76.9	77.5	78.0	78.4	79.0	79.4
8	70.6	71.7	72.7	73.5	74.1	74.8	75.4	76.0	76.6	77.2	77.8	78.3	78.7	79.2	79.7
7	70.8	71.8	72.8	73.6	74.2	74.9	75.6	76.2	76.7	77.3	77.9	78.5	78.9	79.5	80.1
6	71.0	72.0	72.9	73.7	74.3	75.0	75.6	76.4	76.9	77.7	78.4	78.8	79.3	79.8	80.3
5	71.1	72.2	73.1	73.8	74.4	75.1	75.8	76.5	77.1	77.8	78.4	79.0	79.5	80.1	80.6
4	71.3	72.2	73.1	73.8	74.5	75.2	75.9	76.6	77.3	78.0	78.6	79.1	79.5	79.8	80.3
3	71.5	72.3	73.2	73.9	74.6	75.3	76.0	76.7	77.4	78.1	78.8	79.4	79.8	80.3	80.8
2	71.6	72.4	73.2	73.9	74.7	75.4	76.2	76.8	77.5	78.2	78.8	79.2	79.6	80.0	80.4
1	71.6	72.4	73.2	74.1	74.8	75.5	76.3	77.0	77.6	78.2	78.7	79.3	79.6	80.0	80.5
16	71.6	72.4	73.2	74.1	74.8	75.5	76.3	77.0	77.6	78.2	78.7	79.3	79.6	80.0	80.5
15	71.6	72.4	73.2	74.1	74.8	75.5	76.3	77.0	77.6	78.2	78.7	79.3	79.6	80.0	80.5
14	71.5	72.4	73.1	73.9	74.6	75.5	76.2	77.0	77.7	78.3	79.0	79.4	79.9	80.1	80.6
13	71.5	72.4	73.2	73.9	74.6	75.5	76.2	76.9	77.6	78.3	79.0	79.5	79.9	80.3	80.7
12	71.4	72.4	73.2	74.0	74.6	75.4	76.1	76.9	77.6	78.2	78.9	79.6	80.1	80.5	81.0
11	70.8	71.9	72.9	73.9	74.6	75.4	76.2	77.0	77.6	78.2	78.9	79.6	80.1	80.5	81.0
10	70.6	71.6	72.8	73.6	74.4	75.2	75.8	76.5	77.0	77.6	78.2	78.9	79.5	79.9	80.3
9	70.3	71.3	72.5	73.4	74.2	75.0	75.6	76.2	76.8	77.4	77.9	78.5	79.2	79.7	80.1
8	70.1	71.1	72.2	73.1	73.9	74.8	75.4	76.0	76.6	77.2	77.7	78.3	79.0	79.5	80.0
7	69.6	70.6	71.7	72.7	73.4	74.2	74.9	75.6	76.2	76.7	77.3	77.9	78.4	78.9	79.4
6	69.3	70.2	71.3	72.1	73.0	73.7	74.4	75.0	75.6	76.2	76.8	77.3	77.9	78.4	78.9
5	68.8	69.7	70.8	71.5	72.3	73.1	73.8	74.3	74.9	75.5	76.1	76.6	77.2	77.6	78.1
4	68.2	69.1	69.9	70.6	71.5	72.0	72.7	73.3	73.9	74.5	75.1	75.6	76.1	76.6	77.0
3	68.3	69.0	69.7	70.4	71.0	71.7	72.2	72.8	73.3	73.9	74.3	74.9	75.3	75.8	76.2

Factores de corrección: $FC_{ij}(160^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
16	1.0414	1.0454	1.0431	1.0436	1.0430	1.0571	1.0446	1.0562	1.0608	1.0561	1.0550	1.0555	1.0483	1.0567	1.0548
15	1.0340	1.0388	1.0372	1.0357	1.0386	1.0427	1.0412	1.0437	1.0519	1.0418	1.0508	1.0561	1.0479	1.0382	1.0508
14	1.0294	1.0365	1.0376	1.0453	1.0477	1.0368	1.0467	1.0483	1.0411	1.0472	1.0514	1.0485	1.0466	1.0440	1.0510
13	1.0364	1.0343	1.0336	1.0324	1.0343	1.0317	1.0430	1.0437	1.0389	1.0422	1.0518	1.0574	1.0503	1.0457	1.0479
12	1.0327	1.0325	1.0334	1.0294	1.0309	1.0415	1.0407	1.0449	1.0330	1.0512	1.0489	1.0536	1.0478	1.0456	1.0490
11	1.0274	1.0357	1.0326	1.0337	1.0396	1.0477	1.0520	1.0446	1.0479	1.0326	1.0483	1.0487	1.0543	1.0495	1.0599
10	1.0349	1.0392	1.0363	1.0412	1.0435	1.0405	1.0393	1.0422	1.0455	1.0403	1.0449	1.0449	1.0575	1.0458	1.0438
9	1.0300	1.0322	1.0309	1.0340	1.0336	1.0363	1.0481	1.0422	1.0414	1.0408	1.0412	1.0496	1.0484	1.0444	1.0511
8	1.0401	1.0363	1.0427	1.0428	1.0509	1.0415	1.0307	1.0400	1.0468	1.0446	1.0466	1.0498	1.0538	1.0466	1.0427
7	1.0411	1.0351	1.0509	1.0432	1.0499	1.0479	1.0441	1.0458	1.0553	1.0472	1.0406	1.0547	1.0649	1.0505	1.0561
6	1.0396	1.0363	1.0453	1.0291	1.0359	1.0477	1.0545	1.0477	1.0545	1.0477	1.0545	1.0559	1.0522	1.0426	1.0456
5	1.0339	1.0326	1.0404	1.0363	1.0354	1.0401	1.0439	1.0458	1.0349	1.0447	1.0515	1.0407	1.0450	1.0501	1.0554
4	1.0386	1.0401	1.0408	1.0365	1.0482	1.0463	1.0506	1.0511	1.0450	1.0441	1.0466	1.0506	1.0489	1.0474	1.0552
3	1.0480	1.0438	1.0456	1.0402	1.0421	1.0480	1.0420	1.0476	1.0466	1.0459	1.0490	1.0533	1.0498	1.0434	1.0546
2	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456	1.0456
1	1.0403	1.0484	1.0566	1.0417	1.0445	1.0513	1.0521	1.0464	1.0453	1.0583	1.0580	1.0516	1.0455	1.0531	1.0607
16	1.0282	1.0464	1.0538	1.0331	1.0411	1.0387	1.0444	1.0479	1.0431	1.0528	1.0369	1.0386	1.0451	1.0545	1.0477
15	1.0301	1.0461	1.0532	1.0341	1.0419	1.0392	1.0456	1.0490	1.0443	1.0540	1.0376	1.0393	1.0458	1.0542	1.0474
14	1.0327	1.0390	1.0357	1.0456	1.0370	1.0489	1.0409	1.0361	1.0369	1.0398	1.0504	1.0460	1.0513	1.0481	1.0441
13	1.0385	1.0402	1.0529	1.0458	1.0461	1.0385	1.0405	1.0423	1.0467	1.0557	1.0490	1.0460	1.0533	1.0518	1.0525
12	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420
11	1.0470	1.0518	1.0465	1.0439	1.0446	1.0377	1.0410	1.0387	1.0450	1.0433	1.0380	1.0482	1.0510	1.0513	1.0486
10	1.0403	1.0407	1.0394	1.0373	1.0414	1.0359	1.0357	1.0424	1.0414	1.0434	1.0385	1.0457	1.0485	1.0516	1.0508
9	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382	1.0382
8	1.0418	1.0414	1.0354	1.0427	1.0415	1.0425	1.0352	1.0406	1.0463	1.0383	1.0324	1.0436	1.0398	1.0405	1.0432
7	1.0327	1.0358	1.0378	1.0397	1.0337	1.0424	1.0477	1.0436	1.0487	1.0425	1.0464	1.0384	1.0433	1.0420	1.0473
6	1.0413	1.0429	1.0355	1.0401	1.0351	1.0371	1.0416	1.0454	1.0445	1.0427	1.0445	1.0426	1.0403	1.0403	1.0403
5	1.0400	1.0369	1.0383	1.0389	1.0395	1.0295	1.0222	1.0367	1.0295	1.0377	1.0553	1.0432	1.0419	1.0385	1.0390
4	1.0267	1.0242	1.0357	1.0388	1.0401	1.0376	1.0347	1.0385	1.0420	1.0405	1.0395	1.0394	1.0411	1.0391	1.0338
3	1.0336	1.0310	1.0364	1.0442	1.0400	1.0274	1.0476	1.0269	1.0358	1.0298	1.0505	1.0414	1.0282	1.0411	1.0347
2	1.0331	1.0340	1.0447	1.0447	1.0447	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292	1.0292
1	1.0237	1.0225	1.0201	1.0398	1.0434	1.0314	1.0411	1.0419	1.0280	1.0276	1.0200	1.0212	1.0282	1.0302	1.0314

$FC_{ij}(170^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(170^\circ)$																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	74.3	74.4	75.4	76.4	76.7	78.1	78.3	78.2	78.8	79.8	79.7	79.5	80.1	80.9	80.2	81.1	81.4	80.7	81.5	81.5	81.8	81.7	81.5	80.9	81.2	80.4	81.1	79.5	79.6	78.2		
15	73.1	74.4	75.6	76.1	77.3	77.5	79.2	79.7	79.9	80.2	81.2	81.4	81.3	81.9	82.5	82.4	82.4	83.0	82.3	82.3	82.9	82.7	82.7	82.9	82.4	82.1	82.2	82.0	81.1	80.3	79.9	78.8
14	74.6	76.2	76.5	77.8	78.7	79.2	80.4	80.1	80.4	81.2	82.2	82.1	82.8	83.2	82.8	82.4	83.8	83.8	84.2	83.6	83.9	84.1	84.0	84.4	83.9	83.7	83.2	83.1	82.4	82.0	80.8	79.3
13	75.0	76.5	77.7	78.7	79.2	80.0	80.6	80.5	81.9	82.0	82.9	83.4	84.1	84.2	84.2	84.5	84.4	85.1	84.9	85.4	85.2	85.0	84.9	85.8	85.5	84.6	84.4	84.0	82.8	82.1	81.2	80.5
12	75.0	77.1	77.9	79.0	79.5	80.7	81.5	82.0	82.7	83.1	83.6	84.6	84.4	84.8	85.1	84.7	85.6	85.7	86.0	85.8	85.4	86.0	86.1	86.4	85.5	85.5	84.9	84.0	84.1	82.6	81.7	81.2
11	76.2	77.6	78.7	79.8	80.6	81.5	82.3	82.7	83.5	83.7	84.4	84.6	84.3	85.3	85.3	85.6	85.7	86.0	86.2	86.0	86.2	86.8	86.7	86.9	86.5	85.4	85.8	85.5	84.8	84.4	83.5	81.5
10	76.6	77.5	79.0	80.0	81.0	81.2	83.3	83.6	84.5	84.4	84.7	84.8	85.1	85.1	85.8	85.8	86.3	86.2	86.8	86.8	86.5	87.3	87.1	86.9	86.8	86.5	86.2	85.5	84.5	83.4	81.8	
9	76.6	78.1	79.2	80.2	81.3	82.4	82.8	83.5	83.9	84.0	84.1	84.0	85.3	85.6	86.0	86.9	85.8	86.5	86.7	87.2	86.9	87.7	87.8	87.7	87.5	87.2	87.2	86.8	85.3	84.5	83.9	82.5
8	77.1	78.4	79.2	80.7	81.7	82.3	83.9	83.6	84.3	83.9	84.9	86.0	85.1	85.5	86.2	86.6	86.7	86.9	87.1	87.2	87.4	88.0	87.5	87.7	88.0	88.2	87.3	86.7	86.1	85.0	84.6	84.9
7	77.7	79.0	79.9	80.6	81.8	83.0	83.2	83.6	83.6	85.3	85.6	86.4	85.8	85.5	86.7	86.9	87.2	88.0	86.9	87.0	88.0	87.4	87.4	87.6	87.6	87.8	87.6	86.6	85.0	84.0	82.7	
6	77.8	79.1	79.8	81.3	82.3	83.0	83.5	83.9	84.3	85.4	85.0	85.7	85.4	86.1	87.1	87.1	87.5	87.2	87.4	87.8	87.6	87.9	88.1	87.8	88.4	87.7	87.7	87.6	86.2	85.6	84.2	83.0
5	77.7	79.4	80.1	80.9	81.6	82.2	83.5	84.1	83.7	84.8	85.2	86.0	86.6	86.2	86.8	87.0	87.4	87.5	87.4	87.6	87.4	88.1	87.1	88.1	87.8	87.9	88.1	87.7	86.7	85.8	84.5	82.8
4	77.5	79.1	79.4	81.1	82.1	82.7	84.1	84.2	84.5	85.5	85.3	85.6	86.5	86.1	87.1	87.2	87.0	87.7	87.8	87.7	88.4	88.9	88.2	88.2	88.5	87.7	87.6	87.9	86.9	86.1	84.3	83.4
3	77.2	79.7	80.2	81.8	83.2	83.2	83.4	83.9	84.1	84.8	85.2	85.9	85.9	86.8	86.9	87.7	87.5	87.8	88.0	87.9	88.5	88.1	88.0	87.8	87.9	87.8	87.9	87.6	87.9	86.7	84.5	82.9
2	77.4	79.5	80.2	81.6	82.5	82.9	83.7	83.5	84.2	85.0	85.8	87.1	85.9	87.0	87.0	87.0	87.4	88.1	87.9	88.4	88.2	87.8	88.4	88.2	87.6	88.0	87.6	87.9	86.8	86.1	85.3	83.5
1	77.8	79.5	80.6	81.8	82.4	83.0	83.6	83.9	84.4	85.2	86.1	86.4	87.0	87.0	87.0	87.4	87.4	88.0	88.1	88.1	88.1	88.8	88.8	88.5	88.2	88.3	87.6	88.0	87.7	86.1	85.5	83.9
1	77.7	79.4	80.8	81.5	82.0	82.8	83.7	84.0	84.5	85.1	85.8	86.0	86.5	86.9	86.9	87.4	87.6	88.0	88.0	88.0	87.8	88.9	88.0	87.9	88.2	88.4	88.1	88.0	87.0	86.2	84.9	83.6
2	77.4	78.7	80.5	82.1	81.9	82.9	84.1	84.6	84.3	85.2	85.6	86.4	86.3	87.1	87.0	87.5	87.7	88.3	88.3	87.6	88.1	87.8	88.4	88.1	88.0	88.2	88.2	88.1	88.0	86.5	84.9	83.4
3	77.5	79.3	80.4	81.7	82.5	83.4	83.9	84.4	84.3	85.2	85.3	85.8	86.2	86.6	87.4	88.0	87.5	87.8	88.4	88.5	88.8	88.0	87.8	88.2	88.0	87.9	88.0	88.0	87.6	86.2	85.4	83.9
4	79.3	80.2	81.2	82.5	82.9	83.6	84.3	84.4	84.9	85.5	85.8	86.2	87.0	87.0	87.0	87.6	87.4	87.4	87.6	88.3	87.8	88.3	88.1	88.4	88.2	88.4	87.7	88.2	87.4	85.6	85.0	83.3
5	78.0	79.0	80.6	81.6	82.3	82.3	83.8	83.9	84.8	84.7	85.4	86.2	86.5	86.7	87.1	86.9	87.4	87.4	88.2	88.2	88.4	88.4	87.8	88.4	87.9	87.8	87.9	87.0	85.7	84.9	83.3	
6	77.2	79.5	80.3	81.0	82.6	83.3	83.7	83.7	84.6	84.7	85.1	85.8	86.0	86.1	86.8	87.1	87.6	87.7	87.4	87.7	88.1	88.2	88.0	87.8	88.1	87.9	87.8	87.9	87.0	85.5	84.2	82.8
7	77.3	78.8	79.2	80.7	82.0	82.8	83.4	83.6	84.4	84.6	84.8	85.9	86.2	85.6	86.1	86.3	87.5	86.9	87.0	87.9	87.9	87.9	87.4	88.1	87.3	87.7	87.5	87.6	85.8	85.2	84.4	83.0
8	77.3	78.8	79.5	80.4	81.7	83.1	83.6	84.0	84.2	84.7	84.6	85.8	86.1	85.8	85.8	86.8	86.6	87.4	87.1	87.2	87.8	87.9	87.8	87.9	87.8	87.9	87.8	87.0	86.8	84.3	83.9	82.9
9	76.5	78.4	79.3	80.1	81.2	82.2	83.2	83.7	84.1	85.0	84.4	85.6	84.7	85.8	86.3	86.2	85.9	86.9	86.8	87.0	87.4	87.9	87.5	87.9	87.4	86.8	87.0	85.8	85.6	84.4	82.9	
10	76.8	78.7	79.5	80.0	80.5	81.2	82.8	82.8	82.9	84.2	84.2	84.7	85.4	85.4	85.4	85.5	86.3	86.5	86.6	87.2	87.2	87.0	86.8	87.1	87.1	86.9	86.2	86.5	85.1	84.7	84.0	82.2
11	75.8	78.1	78.4	79.7	80.3	80.9	81.9	82.7	83.0	83.7	84.5	84.8	84.8	85.4	85.4	86.4	85.4	85.7	86.4	86.5	86.7	86.7	86.3	86.0	85.8	85.8	85.2	84.5	83.3	82.5	81.2	
12	75.5	77.0	78.1	78.8	79.4	80.4	81.3	81.6	82.4	82.8	83.2	83.6	84.6	84.1	85.2	84.5	85.5	85.5	85.2	85.8	85.6	85.5	84.8	85.4	85.4	85.5	84.9	84.2	83.1	83.1	82.1	81.8
13	74.9	76.6	76.7	77.4	79.4	79.8	80.6	81.0	80.7	81.8	82.2	83.0	83.4	83.2	83.9	84.2	84.1	85.3	84.6	84.8	84.9	85.5	84.7	84.4	84.7	84.5	84.1	83.6	82.6	82.7	81.8	80.6
14	74.6	75.3	76.2	77.0	78.5	78.9	79.6	79.5	80.3	80.7	80.9	81.5	82.1	81.8	82.9	83.0	82.8	83.0	83.4	83.8	84.3	83.7	83.5	83.5	83.6	83.4	83.1	83.0	81.6	81.6	81.1	79.2
15	73.1	74.9	75.7	76.4	76.6	77.8	78.1	79.1	78.5	80.1	79.6	80.2	80.4	81.1	81.5	81.6	82.0	82.7	82.0	82.2	82.7	82.7	82.7	82.3	82.2	82.1	81.3	81.4	80.8	80.2	80.5	78.4
16	72.5	73.2	74.4	74.6	75.0	76.0	76.2	76.4	77.4	77.8	77.7	78.2	79.1	79.2	79.5	79.8	79.3	79.7	79.9	80.7	80.0	80.4	79.9	79.9	79.8	79.4	78.4	77.7				

Dosis medida con MatrxXX + MultiCub (cGy): $DM_{ij}(170^\circ)$																																
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	71.6	71.9	72.4	73.0	73.5	74.9	74.3	74.8	75.1	75.5	75.9	76.1	76.4	76.6	76.9	77.0	77.1	77.3	77.4	77.4	77.5	77.5	77.5	77.4	77.3	77.2	77.0	76.6	76.2	75.4		
15	71.2	72.3	72.6	73.6	74.2	74.7	75.3	75.8	76.0	76.4	77.0	77.1	77.5	77.8	78.0	78.2	78.3	78.5	78.7	78.8	78.8	78.9	78.9	78.9	78.8	78.7	78.6	78.0	77.6	76.9	75.7	
14	72.1	73.0	74.0	74.7	75.3	75.9	76.4	76.8	77.2	77.5	78.0	78.3	78.6	78.9	79.1	79.3	79.5	79.6	79.7	79.9	79.9	80.1	80.0	80.1	80.0	80.0	79.8	79.6	79.3	78.8	77.8	76.5
13	72.6	73.7	74.7	75.5	76.2	76.8	77.4	77.6	78.1	78.6	79.1	79.3	79.6	79.9	80.1	80.3	80.7	80.8	80.9	81.1	81.2	81.4	81.5	81.6	81.6	81.6	81.5	81.1	80.7	80.1	79.1	77.9
12	73.2	74.1	75.0	75.9	76.5	77.1	77.6	78.1	78.6	79.0	79.3	79.6	79.9	80.1	80.3	80.7	80.8	81.1	81.2	81.4	81.5	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.5	81.1	80.7	80.1	79.1	
11	73.4	74.5	75.5	76.4	77.0	77.5	78.2	78.6	79.0	79.4	79.7	80.0	80.2	80.6	80.8	81.1	81.2	81.4	81.7	81.8	82.0	82.1	82.2	82.2	82.2	82.2	82.0	81.9	81.5	81.1	80.8	79.8
10	73.8	74.9	75.9	76.7	77.3	78.0	78.5	78.9	79.3	79.6	80.0	80.3	80.6	80.9	81.2	81.4	81.6	81.8	82.0	82.2	82.2	82.5	82.5	82.6	82.6	82.4	82.2	82.0	81.5	80.8	79.9	78.6
9	75.0	76.1	77.0	77.6	78.2	78.8	79.3	79.7	80.1	80.4	80.8	81.1	81.4	81.7	82.0	82.2	82.4	82.6	82.7	82.8	82.9	83.0	83.1	83.2	83.2	83.1	82.8	82.4	81.8	81.2	80.7	79.4
8	74.7	75.4	76.3	77.1	77.8	78.4	78.8	79.3	79.6	80.1	80.4	80.7	81.0	81.3	81.7	82.0	82.2	82.4	82.5	82.7	82.8	82.9	83.0	83.1	83.2	83.2	83.1	82.8	82.2	81.5	80.5	79.1
7	74.3	75.4	76.4	77.3	77.9	78.5	79.0	79.5	79.7	80.1	80.7	81.0	81.3	81.7	82.0	82.2	82.5	82.6	82.8	83.0	83.0	83.1	83.2	83.2	83.2	83.1	82.8	82.2	81.7	80.7	79.4	
6	73.6	74.6	75.5	76.3	77.0	77.6	78.1	78.5	78.9	79.3	79.7	80.1	80.5	80.9	81.3	81.7	82.0	82.3	82.6	82.9	83.2	83.5	83.7	83.9	84.1	84.3	84.5	84.7	84.9	85.1	85.3	85.5
5	74.7	75.8	76.8	77.5	78.0	78.6	79.2	79.6	80.1	80.6	81.1	81.4	81.7	82.2	82.6	82.8	82.9	83.2	83.5	83.7	83.9	84.1	84.3	84.5	84.7	84.9	85.1	85.3	85.5	85.7	85.9	86.1
4	74.8	75.9	76.9	77.5	78.1	78.8	79.2	79.6	80.1	80.7	81.2	81.6	81.7	82.0	82.2	82.4	82.7	82.9	83.2	83.5	83.7	83.9	84.1	84.3	84.5	84.7	84.9	85.1	85.3	85.5	85.7	85.9
3	74.9	75.9	76.9	77.5	78.1	78.8	79.2	79.6	80.1	80.7	81.2	81.6	81.7	82.0	82.2	82.4	82.7	82.9	83.2	83.5	83.7	83.9	84.1	84.3	84.5	84.7	84.9	85.1	85.3	85.5	85.7	85.9
2	75.0	76.0	76.9	77.7	78.3	78.9	79.4	79.8	80.4	80.9	81.2	81.6	81.8	82.0	82.2	82.4	82.6	82.9	83.3	83.4	83.7	83.8	83.8	83.8	83.7	83.6	83.4	83.3	83.2	82.9	82.2	81.6
1	75.0	76.0	77.0	77.8	78.4	78.9	79.5	80.0	80.4	80.8	81.2	81.6	81.7	82.0	82.2	82.5	82.8	83.1	83.3	83.6	83.9	83.9	83.8	83.8	83.8	83.7	83.5	83.4	82.9	82.2	81.4	80.1
1	75.0	76.0	77.0	77.7	78.4	78.9	79.4	80.1	80.4	80.8	81.2	81.6	82.0	82.2	82.5	82.7	82.9	83.2	83.7	83.9	84.0	84.0	84.0	83.9	83.8	83.7	83.5	83.1	82.4	81.6	80.2	
2	74.9	75.9	76.9	77.5	78.1	78.6	79.1	79.5	80.0	80.4	80.8	81.2	81.6	82.0	82.2	82.5	82.8	83.2	83.7	83.9	84.0	84.0	84.0	83.9	83.8	83.7	83.5	83.1	82.4	81.6	80.1	
3	74.8	75.9	76.9	77.6	78.2	78.8	79.3	79.9	80.4	80.7	81.2	81.6	82.0	82.2	82.4	82.8	83.0	83.3	83.6	83.8	83.9	84.0	83.9	83.9	83.9	83.8	83.8	83.5	83.1	82.4	81.5	80.1
4	74.8	75.9	76.9	77.7	78.2	78.8	79.3	79.9	80.2	80.7	81.3	81.7	82.0	82.4	82.7	82.9	83.2	83.5	83.7	83.9	84.1	83.9	83.9	83.9	83.8	83.8	83.5	83.1	82.4	81.4	80.1	
5	74.9	75.9	76.9	77.6	78.2	78.8	79.3	79.9	80.2	80.7	81.3	81.7	82.0	82.4	82.7	82.9	83.2	83.5	83.7	83.9	84.1	83.9	83.9	83.9	83.8	83.8	83.5	83.1	82.4	81.4	80.1	
6	74.5	75.7	76.8	77.5	78.2	78.8	79.3	79.8	80.3	80.7	81.2	81.7	82.1	82.5	82.8	83.2	83.4	83.7	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.7	83.4	82.9	82.2	81.2	79.9
7	74.5	75.5	76.6	77.5	78.1	78.7	79.2	79.6	80.0	80.5	81.0	81.4	81.8	82.2	82.6	82.9	83.2	83.6	83.4	83.5	83.4	83.6	83.7	83.8	83.7	83.7	83.6	83.2	82.6	82.1	81.1	79.7
8	74.4	75.4	76.6	77.4	78.0	78.6	79.1	79.5	79.9	80.3	80.8	81.2	81.6	82.0	82.4	82.7	83.0	83.4	83.6	83.8	83.9	84.0	84.0	84.0	83.9	83.8	83.7	83.4	82.9	82.2	81.1	79.7
9	74.0	75.1	76.3	77.0	77.8	78.5	79.0	79.5	79.8	80.2	80.6	81.1	81.5	81.8	82.1	82.4	82.7	82.8	83.0	83.1	83.3	83.3	83.4	83.4	83.4	83.3	83.2	82.8	82.2	81.7	80.7	79.3
10	73.7	74.8	76.0	76.8	77.5	78.1	78.8	79.2	79.6	80.1	80.4	80.8	81.2	81.6	81.8	82.2	82.3	82.6	82.8	82.9	83.1	83.1	83.2	83.2	83.1	83.0	82.8	82.4	82.0	81.3	80.4	79.1
11	73.6	74.7	75.7	76.5	77.2	78.0	78.5	79.0	79.4	79.7	80.1	80.5	81.0	81.3	81.6	81.8	82.2	82.5	82.8	83.0	83.1	83.2	83.2	83.2	83.1	83.0	82.8	82.3	81.7	81.1	80.5	79.1
12	73.2	74.3	75.3	76.1	76.8	77.5	78.0	78.5	79.0	79.3	79.7	80.1	80.6	80.9	81.2	81.5	81.7	81.9	82.1	82.2	82.3	82.2	82.2	82.2	82.2	82.1	81.6	81.2	80.6	79.6	8.4	
13	72.7	73.7	74.8	75.6	76.4	77.0	77.5	78.0	78.4	78.8	79.1	79.6	80.1	80.2	80.5	81.1	81.2	81.4	81.5	81.5	81.6	81.6	81.6	81.5	81.3	81.2	81.0	80.6	80.0	79.1	77.8	
14	72.1	73.3	74.3	75.0	75.7	76.3	76.8	77.2	77.5	78.0	78.5	78.8	79.2	79.5	79.7	80.1	80.2	80.4	80.6	80.7	80.8	80.7	80.8	80.7	80.8	80.7	80.6	80.5	80.2	79.8	79.4	77.2
15	71.6	72.6	73.3	74.1	74.6	75.1	75.6	76.1	76.4	76.7	77.0	77.3	77.6	77.9	78.1	78.3	78.5	78.7	78.9	79.0	79.1	79.1	79.1	79.1	79.0	78.9	78.8	78.6	78.3	77.9	77.6	75.9
16	71.6	72.3	73.0	73.6	74.1	74.7	75.0	75.5	75.8	76.2	76.4	76.9	77.2	77.5	77.7	77.9	78.0	78.1	78.2	78.3	78.2	78.1	78.1	78.1	78.0	77.9	77.7	77.1	76.6	75.9		

$FC_{ij}(175^\circ)$

		Datos calculado con TPS (cGy; $DC_{50}(175^\circ)$)															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16		76.1	76.5	76.9	77.9	78.3	79.0	79.7	79.6	80.2	81.1	81.0	80.8	80.7	81.2	81.2	81.4
15			76.4	77.4	77.9	78.8	79.5	80.4	80.7	81.1	80.9	81.6	82.6	81.9	81.8	82.8	83.4
14				76.6	77.4	78.4	79.3	80.3	80.8	81.7	81.7	82.5	82.1	82.9	83.5	83.8	83.6
13					76.7	76.6	77.5	79.9	80.0	81.5	82.5	82.9	83.0	83.1	84.1	84.4	84.7
12						77.1	79.0	79.7	80.4	81.6	82.9	83.1	83.5	83.3	84.4	84.5	84.9
11							77.7	79.5	81.2	81.7	81.6	83.2	83.9	84.2	84.7	84.9	85.3
10								78.0	79.6	80.4	81.6	82.6	83.4	84.0	84.9	85.0	85.4
9									78.1	79.5	80.4	81.6	82.6	83.4	84.0	84.9	85.0
8										78.1	79.5	80.4	81.6	82.6	83.4	84.0	84.9
7											78.1	79.5	80.4	81.6	82.6	83.4	84.0
6												78.1	79.5	80.4	81.6	82.6	83.4
5													78.1	79.5	80.4	81.6	82.6
4														78.1	79.5	80.4	81.6
3															78.1	79.5	80.4
2																78.1	79.5
1																	78.1
16																	
15																	
14																	
13																	
12																	
11																	
10																	
9																	
8																	
7																	
6																	
5																	
4																	
3																	
2																	
1																	
16																	
15																	
14																	
13																	
12																	
11																	
10																	
9																	
8																	
7																	
6																	
5																	
4																	
3																	
2																	
1																	
16																	
15																	
14																	
13																	
12																	
11																	
10																	
9																	
8																	
7																	
6																	
5																	
4																	
3																	
2																	
1																	

		Datos medida con MatrixXX + MultiCode (cGy; DM (175°))															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16		72.7	73.4	74.0	74.5	74.9	75.3	75.7	76.0	76.3	76.6	76.8	76.9	77.1	77.4	77.4	77.5
15			72.8	73.6	74.3	75.2	75.6	76.1	77.3	77.6	78.0	78.1	78.3	78.4	78.7	78.8	78.9
14				73.7	74.7	75.8	76.3	76.9	77.4	77.8	78.2	78.5	78.8	79.1	79.3	79.5	79.6
13					74.3	75.3	76.3	77.2	77.6	78.1	78.6	78.9	79.4	79.6	79.9	80.0	80.2
12						74.8	75.8	76.9	77.6	78.2	78.6	79.1	79.5	80.0	80.5	80.9	81.1
11							75.1	76.2	77.3	78.0	78.5	79.1	79.7	80.0	80.4	80.6	80.9
10								75.4	76.5	77.4	78.1	78.9	79.5	80.0	80.3	80.6	81.0
9									75.6	76.8	77.9	78.6	79.2	79.8	80.1	80.5	80.8
8										75.9	77.0	78.0	78.9	79.5	80.0	80.3	80.7
7											76.0	77.2	78.1	79.0	79.5	80.0	80.3
6												76.2	77.3	78.3	79.0	79.6	80.1
5													76.3	77.5	78.2	79.2	80.0
4														76.4	77.6	78.6	79.3
3															76.5	77.6	78.6
2																76.6	77.7
1																	76.7
16																	
15																	
14																	
13																	
12																	
11																	
10																	
9																	
8																	
7																	
6																	
5																	
4																	
3																	
2																	
1																	
16																	
15																	
14																	
13																	
12																	
11																	
10																	
9																	
8																	
7																	
6																	
5																	
4																	
3																	
2																	
1																	

		Factores de corrección: $FC_{ij}(175^\circ)$															
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16		1.0357	1.0295	1.0246	1.0200	1.0160	1.0120	1.0080	1.0040	1.0000	0.9960	0.9920	0.9880	0.9840	0.9800	0.9760	0.9720
15			1.0357	1.0295	1.0246	1.0200	1.0160	1.0120	1.0080	1.0040	1.0000	0.9960	0.9920	0.9880	0.9840	0.9800	0.9760
14				1.0357	1.0295	1.0246	1.0200	1.0160	1.0120	1.0080	1.0040	1.0000	0.9960	0.9920	0.9880	0.9840	0.9800
13					1.0357	1.0295	1.0246	1.0200	1.0160	1.0120	1.0080	1.0040	1.0000	0.9960	0.9920	0.9880	0.9840
12						1.0357	1.0295	1.0246	1.0200	1.0160	1.0120	1.0080	1.0040	1.0000	0.9960	0.9920	0.9880

$FC_{ij}(180^\circ)$

Dosis calculada con TPS (cGy): $DC_{ij}(180^\circ)$																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	77.4	77.4	78.4	79.0	79.9	80.1	80.0	80.6	80.9	81.1	80.8	81.5	81.1	81.2	80.9	80.8	82.2	81.4	80.7	80.8	80.8	80.1	80.3	80.0	80.0	79.5	79.3	78.0	77.1	76.5	77.2	75.9	
15	76.6	78.1	78.5	79.9	80.1	80.8	81.6	81.5	82.4	81.9	83.3	82.3	83.0	82.5	82.8	82.5	82.8	82.7	82.5	82.1	82.0	82.0	81.9	81.3	81.5	80.4	79.7	79.0	80.0	78.5	77.2	75.9	
14	77.5	78.5	79.8	80.9	81.6	82.0	82.7	82.9	83.2	83.2	84.1	83.8	84.6	83.1	83.5	84.5	84.1	84.2	83.7	83.3	83.1	83.7	82.9	82.6	82.6	81.6	81.3	80.2	79.2	78.4	78.1	76.4	
13	78.1	79.4	80.5	81.5	82.3	83.6	83.8	84.1	84.2	84.5	84.9	85.0	85.5	85.1	86.1	85.6	84.8	85.3	84.5	84.6	84.9	84.3	83.2	82.8	82.9	82.0	81.0	80.0	78.5	77.3	75.3		
12	79.1	80.6	80.7	82.0	82.6	84.3	84.6	84.7	84.6	85.0	85.4	86.7	86.1	85.2	86.1	86.2	86.0	86.3	85.8	85.5	85.6	85.0	85.7	84.9	84.0	84.0	82.9	82.0	81.7	80.8	80.0	78.4	
11	78.7	80.5	81.8	82.6	83.7	84.6	85.0	85.7	85.7	85.6	86.0	86.0	86.6	86.3	86.2	86.4	85.9	85.8	86.6	86.0	86.0	85.8	85.0	84.8	84.0	83.5	83.6	82.4	81.5	79.9	78.9		
10	79.4	80.8	81.8	82.5	83.8	84.6	86.0	85.9	85.3	85.3	85.9	86.1	86.7	86.1	86.0	86.6	86.0	86.9	86.7	86.2	86.4	85.9	86.4	85.9	86.4	86.2	84.7	84.1	83.8	82.8	81.7	80.7	79.1
9	80.0	80.9	82.0	83.0	84.0	85.1	86.0	85.6	85.8	86.0	86.2	86.5	86.6	86.3	87.3	87.1	86.3	86.6	86.6	86.3	86.1	86.5	86.2	86.5	85.4	85.9	85.2	84.3	83.1	82.0	80.8	78.6	
8	79.7	82.0	82.8	83.8	85.1	85.5	86.4	86.1	86.4	86.4	86.6	87.5	86.7	87.1	87.7	87.2	87.3	87.4	87.1	86.8	86.9	87.2	87.1	86.8	86.0	85.0	83.8	82.6	81.4	80.0	78.4	80.0	
7	80.1	81.7	83.3	84.3	85.3	86.3	86.3	86.7	86.6	86.6	87.0	87.5	87.0	87.0	88.0	87.7	87.0	87.6	87.6	87.8	87.1	86.8	86.4	86.5	86.5	85.5	85.8	85.0	83.3	82.3	81.7	80.2	
6	80.8	81.9	83.2	84.6	85.2	86.1	86.5	86.2	86.8	86.8	87.1	87.1	87.4	87.8	88.0	87.7	87.7	87.7	87.7	87.7	87.5	87.6	86.8	87.1	86.9	86.3	86.2	85.4	85.1	84.3	83.1	82.6	80.9
5	81.6	82.1	83.8	85.2	85.7	85.9	86.7	86.4	86.6	86.8	87.0	87.8	87.8	87.7	87.8	87.9	87.4	87.9	86.8	86.9	87.4	87.4	86.6	86.8	86.6	86.2	85.9	85.5	84.2	82.5	81.7	80.1	
4	80.9	82.4	83.4	85.3	85.3	85.8	86.8	86.8	86.3	86.5	87.0	87.7	88.2	87.6	87.5	87.9	87.5	88.2	87.0	87.0	87.5	87.5	87.0	86.7	86.2	86.3	85.7	85.2	84.6	83.7	82.1	79.9	
3	81.3	82.7	83.7	84.9	85.5	85.8	86.8	86.7	87.2	87.0	87.4	88.3	87.4	87.9	87.3	88.1	87.4	88.1	87.7	87.9	87.5	87.4	86.7	87.6	86.4	86.0	85.2	85.7	84.0	83.3	81.7	80.6	
2	81.2	82.7	84.0	84.8	85.2	85.7	87.1	86.8	87.4	87.5	87.9	88.1	88.3	88.3	87.7	87.8	88.1	87.9	87.7	88.0	87.8	87.9	87.5	86.8	86.6	86.0	85.9	86.2	84.4	82.9	82.2	80.6	
1	81.2	82.3	83.5	85.1	84.8	85.5	86.7	86.7	87.1	87.5	87.8	88.1	88.5	87.8	87.3	88.0	88.3	87.4	87.6	87.5	87.7	88.0	87.0	86.8	86.2	85.9	86.0	85.1	85.3	83.0	82.2	80.7	
1	80.7	82.8	84.0	84.4	84.9	86.0	86.8	86.7	86.7	86.9	87.7	87.4	88.4	87.8	87.9	88.5	88.4	88.0	87.2	87.6	87.7	87.7	87.7	86.9	86.9	85.9	86.0	86.0	85.1	84.1	82.1	80.8	
3	80.4	82.7	83.5	84.5	85.0	86.0	86.6	87.0	86.3	87.2	87.4	87.9	88.5	87.5	88.0	87.7	87.8	88.1	87.6	87.9	87.3	87.4	86.7	86.8	86.7	86.3	86.1	85.6	84.8	84.1	82.3	80.1	
4	81.0	82.3	83.8	85.3	85.7	86.5	85.9	86.3	87.3	87.6	87.5	87.8	87.4	87.6	88.4	88.3	88.4	88.3	87.4	88.0	86.7	87.1	86.9	86.7	86.5	86.3	85.5	85.8	84.8	83.0	81.4	79.7	
5	81.1	82.3	83.2	84.5	85.6	86.1	86.5	86.3	87.0	87.2	87.8	87.1	86.9	87.5	88.2	87.9	87.6	87.3	86.8	86.8	87.0	87.2	86.7	86.8	86.5	85.7	85.3	84.3	83.0	82.1	80.7	78.7	
6	81.0	82.7	83.0	84.3	85.9	85.9	86.1	86.0	86.2	87.7	87.0	87.4	87.5	87.3	87.5	88.2	87.6	87.3	86.5	87.2	87.4	87.1	86.9	86.7	86.2	86.0	85.7	85.6	84.3	82.5	81.7	80.7	
7	80.1	81.5	83.1	83.8	85.0	85.8	86.1	86.1	86.6	86.7	87.3	87.2	87.4	87.0	86.8	87.1	87.7	87.3	86.6	86.2	86.5	87.0	86.7	86.1	86.5	86.0	85.8	85.2	83.2	82.7	82.4	80.3	
8	80.2	81.6	82.7	83.9	85.4	85.6	86.0	86.1	86.2	86.9	87.3	86.8	86.8	86.7	87.8	87.2	87.0	86.0	86.5	86.7	86.9	86.1	85.9	85.7	85.1	84.4	83.6	82.5	81.5	80.0	78.5	80.0	
9	80.0	81.3	83.0	83.2	84.1	85.1	86.2	85.9	86.0	86.8	86.5	86.9	86.4	86.1	86.2	86.5	87.1	86.7	86.4	86.2	86.3	86.4	85.7	85.3	85.5	85.8	85.0	84.4	83.1	81.9	80.8	79.8	
10	79.5	79.8	80.1	80.4	81.4	82.2	84.8	85.2	86.1	86.2	86.7	86.4	86.8	86.6	86.7	86.6	87.0	87.0	86.2	86.1	86.8	86.4	85.9	86.0	84.8	84.2	84.0	82.6	81.9	81.0	80.8	79.2	
11	79.2	80.7	81.3	82.4	83.4	84.0	84.9	85.0	85.3	86.1	85.9	85.8	86.0	85.6	85.7	85.9	85.9	86.4	86.3	86.2	85.5	86.0	85.8	85.1	84.5	84.3	83.6	83.5	82.7	81.6	80.7	78.7	
12	78.7	79.6	81.4	81.5	82.4	83.7	84.3	84.2	84.9	84.7	85.0	85.6	85.4	85.7	85.5	86.1	85.5	85.3	85.5	85.7	85.4	84.3	83.9	83.7	83.5	82.6	82.2	81.3	80.5	79.7	78.3	75.3	
13	77.9	78.8	80.8	81.7	81.9	82.6	82.9	83.3	84.0	83.8	84.2	84.2	85.0	84.6	84.5	85.2	84.9	86.0	84.5	84.3	84.6	84.9	83.9	83.2	83.1	82.3	82.6	82.1	81.2	79.7	78.7	77.5	
14	77.1	79.0	79.9	80.4	81.7	81.8	82.1	82.5	82.6	83.2	82.4	82.8	83.6	83.6	84.2	83.4	83.4	84.1	83.2	83.4	83.1	83.0	82.5	82.6	82.5	81.5	80.9	80.2	79.6	78.4	77.7	77.4	
15	75.6	77.2	77.9	79.2	79.7	80.1	80.9	81.0	81.2	81.8	81.8	82.4	82.4	81.9	82.0	82.0	82.6	83.0	82.2	82.8	81.8	81.5	81.1	80.9	80.1	80.8	80.2	79.4	78.7	77.7	76.1	76.1	
16	75.3	76.9	78.5	78.8	79.8	80.4	80.8	81.4	80.8	81.4	79.1	79.2	79.9	79.9	79.5	80.1	79.7	79.6	81.1	80.6	80.9	80.2	80.0	79.8	79.8	79.4	78.8	77.5	77.8	76.5	76.7	75.7	

Dosis medida con MatrxXX + MultiCube (cGy): DM _{ij} (180°)																																	
Detector _{ij}	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
16	74.8	74.8	75.0	75.4	75.8	76.1	76.4	76.7	76.8	77.0	77.1	77.3	77.3	77.4	77.5	77.5	77.4	77.4	77.3	77.1	76.9	76.8	76.6	76.4	76.1	75.8	75.5	74.8	74.2	73.3	73.3	73.3	
15	74.1	75.2	75.8	76.4	76.8	77.1	77.5	77.9	78.0	78.2	78.5	78.5	78.6	78.7	78.7	78.9	78.8	78.8	78.7	78.6	78.5	78.3	78.1	78.0	77.7	77.4	77.1	76.7	75.4	74.6	73.2	73.2	
14	74.9	75.9	76.9	77.5	78.0	78.4	78.7	79.0	79.2	79.4	79.6	79.6	79.8	79.8	79.9	80.0	80.0	79.9	79.8	79.6	79.5	79.4	79.1	78.9	78.7	78.5	78.2	77.8	77.2	76.5	75.3	73.9	
13	75.6	76.6	77.6	78.3	78.7	79.1	79.5	79.8	80.1	80.4	80.6	80.6	80.8	80.8	80.9	81.0	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	80.9	80.6	80.5	80.2	79.9	79.5	79.4	77.4	77.7	76.5	75.1	73.9
12	76.2	77.2	78.1	78.9	79.3	79.7	80.1	80.4	80.6	80.8	81.0	81.0	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	80.9	80.6	80.5	80.2	79.9	79.5	79.4	77.4	77.7	76.5	75.1	73.9
11	76.4	77.5	78.5	79.2	79.7	80.1	80.6	80.9	81.1	81.2	81.4	81.5	81.6	81.6	81.7	81.6	81.6	81.5	81.5	81.4	81.2	81.0	80.8	80.5	80.1	79.5	78.9	78.0	77.2	76.9	75.4	74.1	73.0
10	76.8	77.8	78.8	79.5	80.1	80.6	81.0	81.1	81.4	81.6	81.6	81.6	81.6	81.8	81.8	82.0	82.0	82.0	82.0	82.0	81.9	81.8	81.7	81.6	81.3	81.1	80.8	80.5	80.0	79.2	78.4	77.3	75.9
9	77.1	78.1	79.1	79.8	80.3	80.8	81.2	81.5	81.7	81.8	82.0	82.1	82.2	82.3	82.4	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.4	82.3	82.1	81.9	81.6	81.3	80.9	80.4	79.6	78.7	77.6	76.2
8	77.3	78.4	79.3	80.1	80.6	81.1	81.3	81.6	81.7	81.9	82.1	82.2	82.3	82.4	82.5	82.6	82.7	82.6	82.4	82.3	82.2	82.2	82.1	81.7	81.4	81.0	80.5	79.7	79.0	77.9	76.4	75.0	73.6
7	77.4	78.5	79.5	80.2	80.7	81.1	81.5	81.7	81.9	82.0	82.2	82.4	82.4	82.6	82.7	82.8	82.9	82.7	82.7	82.7	82.7	82.5	82.3	82.2	81.9	81.8	81.6	81.1	80.7	80.0	79.1	78.0	76.5
6	77.5	78.6	79.6	80.3	80.8	81.2	81.6	81.8	82.0	82.1	82.3	82.4	82.5	82.6	82.7	82.8	82.8	82.8	82.8	82.8	82.8	82.8	82.7	82.5	82.3	82.1	81.7	81.2	80.6	79.7	78.6	77.5	76.0
5	77.7	78.8	79.8	80.5	80.9	81.3	81.6	81.9	82.2	82.4	82.7	82.8	82.9	83.1	83.1	83.2	83.2	83.2	83.1	83.0	82.8	82.8	82.4	82.3	82.2	81.7	81.5	81.0	80.2	79.3	78.3	76.9	75.4
4	77.9	79.0	79.9	80.5	81.0	81.4	81.7	81.9	82.2	82.6	82.7	82.9	82.9	83.0	83.1	83.2	83.1	83.1	83.1	83.0	82.9	82.7	82.3	82.2	81.9	81.6	81.1	80.3	79.5	78.5	77.0	75.5	74.0
3	78.8	79.0	79.9	80.6	81.1	81.5	81.8	82.1	82.4	82.7	82.9	83.0	83.0	83.1	83.2	83.1	83.1	83.1	83.1	83.0	82.7	82.3	82.2	81.9	81.6	81.1	80.3	79.5	78.5	77.0	75.5	74.0	72.5
2	79.0	79.1	80.0	80.6	81.0	81.4	81.7	82.0	82.3	82.6	82.9	83.0	83.0	83.1	83.2	83.1	83.1	83.1	83.1	83.0	82.7	82.3	82.2	81.9	81.6	81.1	80.3	79.5	78.5	77.0	75.5	74.0	72.5
1	78.0	79.1	80.0	80.7	81.2	81.6	81.9	82.2	82.5	82.7	82.8	83.0	83.0	82.9	83.1	83.2	83.2	83.3	83.2	83.3	83.2	82.9	82.7	82.4	82.1	81.7	81.4	80.8	79.8	78.8	77.3	75.8	74.3
0	78.0	79.1	80.0	80.7	81.3	81.6	81.9	82.3	82.5	82.7	82.8	83.1	83.2	83.2	83.2	83.3	83.3	83.4	83.4	83.3	83.3	83.3	83.2	82.8	82.6	82.2	81.9	81.5	80.8	79.8	77.4	75.9	74.4
-1	78.0	79.0	80.0	80.7	81.3	81.6	81.9	82.3	82.5	82.7	82.8	83.1	83.2	83.2	83.2	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.2	82.8	82.6	82.2	81.9	81.5	80.8	79.8	77.4	75.9
-2	77.9	79.0	80.0	80.7	81.3	81.6	81.9	82.3	82.5	82.7	82.8	83.1	83.2	83.2	83.2	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.2	82.8	82.6	82.2	81.9	81.5	80.8	79.8	77.4	75.9
-3	77.9	79.0	80.0	80.6	81.1	81.5	81.9	82.2	82.5	82.7	82.9	83.1	83.2	83.2	83.2	83.4	83.5	83.5	83.6	83.6	83.5	83.3	83.0	82.7	82.6	82.2	81.9	81.5	80.8	79.9	78.8	77.3	75.8
-4	77.8	79.0	80.0	80.7	81.1	81.6	81.8	82.2	82.3	82.6	83.0	83.2	83.2	83.5	83.6	83.6	83.7	83.8	83.7	83.7	83.7	83.5	83.3	83.1	82.8	82.6	82.2	81.9	81.5	80.8	79.8	77.7	76.2
-5	77.7	78.9	79.9	80.6	81.1	81.6	81.8	82.2	82.3	82.6	83.0	83.2	83.2	83.5	83.6	83.6	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7
-6	77.5	78.8	79.9	80.6	81.1	81.6	81.8	82.2	82.5	82.7	82.9	83.2	83.4	83.5	83.7	83.8	84.0	83.9	83.7	83.7	83.4	83.2	82.9	82.7	82.5	82.2	81.8	81.4	80.6	79.7	78.5	77.1	75.7
-7	77.4	78.6	79.6	80.4	81.1	81.6	81.7	82.0	82.2	82.5	82.7	82.9	83.2	83.3	83.4	83.6	83.7	83.8	83.5	83.4	83.0	82.9	82.7	82.7	82.4	82.2	81.7	81.1	80.4	79.5	78.4	76.9	75.4
-8	77.3	78.5	79.5	80.3	80.9	81.4	81.7	82.0	82.1	82.3	82.6	82.8	83.0	83.2	83.2	83.3	83.4	83.3	83.2	83.2	83.0	82.8	82.6	82.5	82.3	82.0	81.6	80.9	80.3	79.4	78.2	76.8	75.3
-9	77.2	78.3	79.3	80.0	80.6	81.1	81.4	81.7	81.9	82.1	82.3	82.5	82.7	82.8	82.9	83.0	83.1	83.0	83.0	83.0	82.9	82.7	82.5	82.3	82.0	81.6	80.9	80.3	79.4	78.2	76.8	75.3	73.8
-10	76.8	78.0	79.0	79.8	80.3	80.8	81.3	81.6	81.8	82.1	82.2	82.3	82.6	82.7	82.7	82.9	82.9	82.8	82.8	82.7	82.7	82.5	82.4	82.2	82.1	81.8	81.5	81.0	80.5	79.7	79.0	77.8	76.4
-11	76.5	77.7	78.7	79.5	80.1	80.6	81.0	81.3	81.6	81.8	82.1	82.3	82.3	82.5	82.6	82.5	82.6	82.5	82.4	82.3	82.2	82.2	82.0	81.7	81.4	81.1	80.6	80.1	79.5	78.7	77.4	76.0	74.6
-12	76.3	77.4	78.4	79.1	79.6	80.0	80.4	80.7	81.0	81.2	81.5	81.7	81.8	81.9	82.0	82.1	82.0	82.0	81.9	81.8	81.7	81.6	81.5	81.4	81.3	81.2	81.1	81.0	80.9	80.8	80.7	80.6	80.5
-13	76.6	76.8	77.8	78.5	79.2	79.6	80.0	80.2	80.5	80.7	80.9	81.1	81.4	81.3	81.4	81.6	81.6	81.6	81.5	81.4	81.1	81.1	80.7	80.6	80.3	79.9	79.5	79.1	78.5	77.7	76.6	75.2	73.7
-14	75.0	76.3	77.4	78.0	78.5	78.9	79.2	79.5	79.7	80.0	80.1	80.3	80.5	80.6	80.6	80.8	80.8	80.7	80.6	80.4	80.2	80.1	79.9	79.5	79.2	78.9	78.5	77.8	77.1	75.9	74.6	73.1	71.6
-15	75.3	76.5	77.2	77.8	78.2	78.4	78.7	78.9	79.1	79.3	79.4	79.6	79.7	79.8	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9
-16	74.3	75.1	75.7	76.2	76.6	76.9	77.2	77.4	77.6	77.8	78.0	78.1	78.2	78.3	78.5	78.5	78.3	78.2	78.1	78.0	77.9	77.6	77.4	77.2	76.9	76.4	76.0	75.4	74.8	73.8	72.8	71.8	70.8

Apéndice V.E

Software desarrollado en el marco del presente trabajo

V.E.1. Entorno de trabajo y necesidad del software

Los datos manejados en el presente estudio fueron analizados empleando como herramienta Microsoft Excel. Todos los cálculos y resultados mostrados fueron obtenidos en dicho entorno.

Muchos de los resultados requirieron del procesado y cribado de una gran cantidad de datos, por lo que fue necesario el desarrollo de herramientas específicas para tales tareas. Asimismo, la importación de datos proveniente del TPS, así como de los sistemas de control de calidad evaluados, fueron realizadas a través de un *interface* desarrollado explícitamente para tal fin.

Dada la versatilidad que proporciona Microsoft Excel para el manejo de grandes cantidades de datos, así como el conocimiento por parte del autor de lenguajes asociados, se empleó Microsoft Visual Basic for Applications, lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic, dentro del entorno Excel (*Excel VBA*) como lenguaje para el desarrollo de las aplicaciones específicas integradas en el marco del trabajo descrito.

Las secciones siguientes presentan algunos de los códigos desarrollados a tal fin.

V.E.2. Análisis gamma unidimensional

Los resultados de las pruebas gamma aplicadas a la comparación de distribuciones de dosis relativas (perfiles y PDDs), descritos en la sección III.3.1.1, fueron obtenidos con el siguiente código:

```
Dim gamma_por ciento As Double
Dim gamma_mm As Double
Dim coordenada_referencia As Double
Dim coordenada_a_comparar As Double
Dim dosis_ref As Double
Dim dosis_a_comparar As Double
Dim contador_coordenadas As Double
Dim contador_gammas As Double
Dim contador_avances As Double
```



```

Range("g2").Activate
gamma_porcentaje = ActiveCell.Value
Range("g3").Activate
gamma_mm = ActiveCell.Value
Range("a4").Activate
contador_coordenadas = 0
contador_gammas = 0

Do While ActiveCell.Value <> ""
    coordenada_referencia = ActiveCell.Value
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
    dosis_ref = ActiveCell.Value
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
    dosis_a_comparar = ActiveCell.Value
    ActiveCell.Offset(0, -2).Activate
    If Abs(dosis_a_comparar - dosis_ref) <= gamma_porcentaje Then
        contador_gammas = contador_gammas + 1
        contador_coordenadas = contador_coordenadas + 1
        ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
    End If
    If Abs(dosis_a_comparar - dosis_ref) > gamma_porcentaje Then
        ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
        coordenada_a_comparar = ActiveCell.Value
        contador_avances = 0
        Do While Abs(coordenada_a_comparar - coordenada_referencia) <= gamma_mm And
            ActiveCell.Value <> ""
            ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
            dosis_ref = ActiveCell.Value
            ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
            If Abs(dosis_a_comparar - dosis_ref) <= gamma_porcentaje Then
                contador_gammas = contador_gammas + 1
                contador_coordenadas = contador_coordenadas + 1
                GoTo siguiente_comparacion
            End If
            ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
            coordenada_a_comparar = ActiveCell.Value
            contador_avances = contador_avances + 1
        Loop
        ActiveCell.Offset(-1 * (contador_avances + 1), 0).Activate
        coordenada_a_comparar = ActiveCell.Value
        contador_avances = 0
        Do While Abs(coordenada_a_comparar - coordenada_referencia) <= gamma_mm And
            ActiveCell.Value <> ""
            ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
            dosis_ref = ActiveCell.Value
            ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
            If Abs(dosis_a_comparar - dosis_ref) <= gamma_porcentaje Then
                contador_gammas = contador_gammas + 1
                contador_coordenadas = contador_coordenadas + 1
                GoTo siguiente_comparacion2
            End If
            ActiveCell.Offset(-1, 0).Activate
            coordenada_a_comparar = ActiveCell.Value
            contador_avances = contador_avances + 1
        Loop
        contador_gammas = contador_gammas + 1
        contador_coordenadas = contador_coordenadas + 1
        GoTo siguiente_comparacion2

siguiente_comparacion:
    ActiveCell.Offset(-1 * (contador_avances + 1), 0).Activate
    GoTo fin

siguiente_comparacion2:
    ActiveCell.Offset((contador_avances), 0).Activate

fin:

    ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
End If

Loop

Range("g6").Activate
ActiveCell.Value = 100 * (1 - (contador_gammas / contador_coordenadas))

```

La Figura V.E.1 recoge una vista de la hoja que emplea el código descrito.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Coordenada (cm)	Dosis ref (%)	Dosis comparación (%)		Criterio gamma	%	2
3						mm	2
4	-12.0	13.7	28.1				
5	-11.9	15.0	29.2				
6	-11.8	0.0	30.4		Resultados		99.7
7	-11.7	0.0	31.6				
8	-11.6	0.0	32.7		Calcular		
9	-11.5	0.0	33.9				
10	-11.4	0.0	35.1				
11	-11.3	0.0	36.3				
12	-11.2	0.0	37.4				
13	-11.1	0.0	38.6				
14	-11.0	0.0	39.8				
15	-10.9	0.0	41.1				
16	-10.8	31.4	42.4				
17	-10.7	34.0	43.7				
18	-10.6	36.6	45.0				
19	-10.5	39.1	46.3				
20	-10.4	41.7	47.6				

Figura V.E.1: Hoja para la realización del análisis gamma unidimensional.

DVHCrudo	CalculoTCP	CalculoNTCP	LeerDVH	ParamsLectura
----------	------------	-------------	---------	---------------

Figura V.E.2: Los cinco módulos que comprenden la aplicación de procesado de DVHs.

V.E.3. Lectura y tratamiento de DVHs para la obtención de parámetros dosimétricos y radiobiológicos

Para el procesado de los DVHs, tanto diferenciales, como acumulativos, con el fin de obtener la enorme cantidad de parámetros dosimétricos y radiobiológicos analizados en el texto, teniendo en cuenta igualmente la variedad de situaciones (cálculo con TPS, Mobius3D y COMPASS) y modelos, fue necesario el desarrollo de una aplicación gestora de estas tareas. Fue desarrollada en una hoja Excel, denominada *Mona-coTCPyNTCP.xls*, con cinco módulos que pueden observarse en la Figura V.E.2.

V.E.3.1. Módulo *DVHCrudo*

El objetivo de este módulo fue la importación y el procesado inicial de los DVHs. La figura Figura V.E.3 presenta el aspecto de la pantalla inicial.

Rutina *LeerArchivoDVH*

Esta rutina permitió la lectura de los DVHs así como su adaptación al formato requerido para su posterior procesado. Viene recogida en el siguiente código:

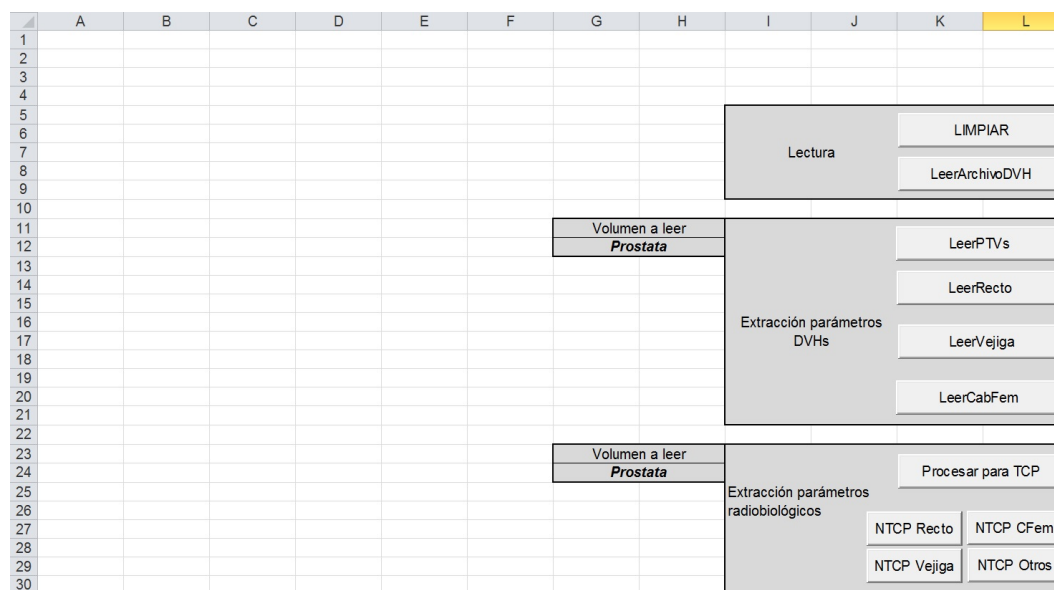


Figura V.E.3: Módulo *DVHCrudo*, que permite leer los DVHs procedentes del TPS, Mobius3D y COMPASS, así como la extracción de los parámetros dosimétricos y radiobiológicos reportados en el texto.

```

Dim RutaArchivo As String
On Error Resume Next
RutaArchivo = Application.GetOpenFilename( , _
Workbooks.OpenText Filename:=RutaArchivo, Origin:=xlMSDOS, _
    StartRow:=1, DataType:=xlDelimited, TextQualifier:=xlDoubleQuote, _
    ConsecutiveDelimiter:=True, Tab:=True, Semicolon:=True, Comma:=True, _
    Space:=True, Other:=True, FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, _
1), Array(4, 1), Array(5, 1), Array(6, 1), Array(7, 1), Array(8, 1), Array(9, 1),
Array(10, 1), Array(11, 1), Array(12, 1), Array(13, 1), Array(14, 1), Array(15, 1),
Array(16, 1), Array(17, 1), Array(18, 1), Array(19, 1), Array(20, 1), Array(21, 1),
Array(22, 1)), _TrailingMinusNumbers:=True
NombreArchivo = ActiveWorkbook.Name
ActiveSheet.Range("A1:IV65536").Select
Selection.Copy
    Windows("MonacoTCPyNTCP.xls").Activate
    Cells.Select
    ActiveSheet.Paste
    Windows(NombreArchivo).Activate
    ActiveWorkbook.Close

```

Rutinas de extracción de parámetros dosimétricos

LeerPTVs, *LeerRecto*, *LeerVejiga*, *LeerCabFem* permitieron buscar, según la plantilla definida en el módulo *ParamsLectura*, los parámetros dosimétricos allí recogidos. Se creo como editable, permitiendo así recoger información de otras localizaciones no pros-táticas. Se presenta a continuación el código para la rutina *LeerPTVs*; el resto fueron semejantes en estructura, con las correspondientes variaciones sintácticas adaptadas a

cada situación:

```

Dim nombrevolumen As String
Dim dosis As Double
Dim volumen, vol1, vol2 As Double
Dim D98 As Double
Dim D2 As Double
Dim D50 As Double
Dim Dm As Double
Dim x1, x2, y1, y2 As Double
Dim m, n As Double
Dim vol95, vol100, vol107 As Double
Dim V95, V100, V107 As Double
D98 = 0
D2 = 0
D50 = 0
Dm = 0
V95 = 0
V100 = 0
V107 = 0

Range("g12").Activate
nombrevolumen = ActiveCell.Value
ActiveCell.Value = ""
'Leer parametros dosis vol que se van a recoger
Worksheets("ParamsLectura").Activate
ActiveSheet.Range("b2").Activate
vol95 = ActiveCell.Value
ActiveSheet.Range("b3").Activate
vol100 = ActiveCell.Value
ActiveSheet.Range("b4").Activate
vol107 = ActiveCell.Value

Worksheets("LeerDVH").Activate
ActiveSheet.Range("a1").Activate
ActiveCell.Value = nombrevolumen
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
Worksheets("DVHCrudo").Activate
Range("a1").Activate
Worksheets("DVHCrudo").Cells.Find(What:=nombrevolumen, After:=ActiveCell, LookIn:=xlFormulas, _
    LookAt:=xlPart, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:=xlNext, _
    MatchCase:=False, SearchFormat:=False).Activate
Do While ActiveCell.Value = nombrevolumen
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = True Then
        dosis = ActiveCell.Value / 1000
    End If
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = False Then
        dosis = Replace(ActiveCell.Value, ".", ",")
        dosis = dosis / 1000
    End If
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = True Then
        volumen = ActiveCell.Value / 100000
    End If
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = False Then
        volumen = Replace(ActiveCell.Value, ".", ",")
        volumen = volumen / 100000
    End If

    Worksheets("LeerDVH").Activate
    ActiveCell.Value = dosis
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
    ActiveCell.Value = 100 * volumen
    ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
    Worksheets("DVHCrudo").Activate
    ActiveCell.Offset(1, -2).Activate
    Loop
    Worksheets("LeerDVH").Activate

'SACAR D98
ActiveSheet.Range("b2").Activate
'Do While ActiveCell.Value <> ""
Do While D98 = 0
    If ActiveCell.Value = 0 Then
        ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
        GoTo salir98
    End If
    If ActiveCell.Value > 98 Then
        ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
        GoTo salir98
    End If
    If ActiveCell.Value <= 98 Then
        If ActiveCell.Value = 98 Then
            ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
            D98 = ActiveCell.Value
            ActiveCell.Offset(0, 1).Activate

```

```

End If
If ActiveCell.Value < 98 Then
x2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
y2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(-1, 0).Activate
y1 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
x1 = ActiveCell.Value
m = (y1 - y2) / (x1 - x2)
n = y1 - (m * x1)
D98 = (m * 98) + n
'D98 = (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * 98) + (y1 - (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * x1)))
x1 = 0
x2 = 0
y1 = 0
y2 = 0
End If
End If
salir98:
Loop

'SACAR D2
ActiveSheet.Range("b2").Activate
'Do While ActiveCell.Value <> ""
Do While D2 = 0
If ActiveCell.Value = 0 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salir2
End If
If ActiveCell.Value > 2 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salir2
End If
If ActiveCell.Value <= 2 Then
If ActiveCell.Value = 2 Then
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
D2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
End If
If ActiveCell.Value < 2 Then
x2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
y2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(-1, 0).Activate
y1 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
x1 = ActiveCell.Value
m = (y1 - y2) / (x1 - x2)
n = y1 - (m * x1)
D2 = (m * 2) + n
'D2 = (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * 98) + (y1 - (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * x1)))
x1 = 0
x2 = 0
y1 = 0
y2 = 0
End If
End If
salir2:
Loop

'SACAR D50
ActiveSheet.Range("b2").Activate
'Do While ActiveCell.Value <> ""
Do While D50 = 0
If ActiveCell.Value = 0 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salir50
End If
If ActiveCell.Value > 50 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salir50
End If
If ActiveCell.Value <= 50 Then
If ActiveCell.Value = 50 Then
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
D50 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
End If
If ActiveCell.Value < 50 Then
x2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
y2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(-1, 0).Activate
y1 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
x1 = ActiveCell.Value

```

```

m = (y1 - y2) / (x1 - x2)
n = y1 - (m * x1)
D50 = (m * 50) + n
'D50 = (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * 98) + (y1 - (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * x1)))
End If
End If
salir50:
Loop

```

```

'SACAR Dm
Dm = 0
ActiveSheet.Range("a2").Activate
Do While ActiveCell.Value <> ""
dosis = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
vol1 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
vol2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(-1, 1).Activate
ActiveCell.Value = dosis * (vol1 - vol2)
Dm = Dm + (dosis * (vol1 - vol2))
ActiveCell.Offset(1, -2).Activate
Loop

```

```

'SACAR V95
ActiveSheet.Range("a2").Activate
'Do While ActiveCell.Value <> ""
Do While V95 = 0
If ActiveCell.Value = 0 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salirv95
End If
If ActiveCell.Value < vol95 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salirv95
End If
If ActiveCell.Value >= vol95 Then
If ActiveCell.Value = vol95 Then
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
V95 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
End If
If ActiveCell.Value > vol95 Then
x2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
y2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(-1, 0).Activate
y1 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
x1 = ActiveCell.Value
m = (y1 - y2) / (x1 - x2)
n = y1 - (m * x1)
V95 = (m * vol95) + n
'D2 = (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * 98) + (y1 - (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * x1)))
x1 = 0
x2 = 0
y1 = 0
y2 = 0
End If
End If
salirv95:
Loop

```

```

'SACAR V100
ActiveSheet.Range("a2").Activate
'Do While ActiveCell.Value <> ""
Do While V100 = 0
If ActiveCell.Value = 0 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salirv100
End If
If ActiveCell.Value < vol100 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salirv100
End If
If ActiveCell.Value >= vol100 Then
If ActiveCell.Value = vol100 Then
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
V100 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
End If
If ActiveCell.Value > vol100 Then
x2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
y2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(-1, 0).Activate

```

```

y1 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
x1 = ActiveCell.Value
m = (y1 - y2) / (x1 - x2)
n = y1 - (m * x1)
V100 = (m * vol100) + n
'D2 = (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * 98) + (y1 - (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * x1)))
x1 = 0
x2 = 0
y1 = 0
y2 = 0
End If
End If
salirv100:
Loop

'SACAR V107
ActiveSheet.Range("a2").Activate
'Do While ActiveCell.Value <> ""
Do While V107 = 0
If ActiveCell.Value = 0 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salirv107
End If
If ActiveCell.Value < vol107 Then
ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
GoTo salirv107
End If
If ActiveCell.Value >= vol107 Then
If ActiveCell.Value = vol107 Then
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
V107 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
End If
If ActiveCell.Value > vol107 Then
x2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
y2 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(-1, 0).Activate
y1 = ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(0, -1).Activate
x1 = ActiveCell.Value
m = (y1 - y2) / (x1 - x2)
n = y1 - (m * x1)
V107 = (m * vol107) + n
'D2 = (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * 98) + (y1 - (((y1 - y2) / (x1 - x2)) * x1)))
x1 = 0
x2 = 0
y1 = 0
y2 = 0
End If
End If
salirv107:
Loop

ActiveSheet.Range("F1").Activate
ActiveCell.Value = "D98"
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
ActiveCell.Value = D98
ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
ActiveCell.Value = "D2"
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
ActiveCell.Value = D2
ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
ActiveCell.Value = "D50"
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
ActiveCell.Value = D50
ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
ActiveCell.Value = "Dm"
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
ActiveCell.Value = Dm / 100
ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
ActiveCell.Value = "V95"
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
ActiveCell.Value = V95
ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
ActiveCell.Value = "V100"
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
ActiveCell.Value = V100
ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
ActiveCell.Value = "V107"
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
ActiveCell.Value = V107

ActiveCell.Select
ActiveSheet.Range(Selection, Selection.End(xlUp)).Select
Selection.Copy

```

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PTVs				Prostata	VVSS	Ganglios	Lecho
2	V95	66.5			66.5	53.2	47.9	70.3
3	V100	70			70	56	50.4	74
4	V107	74.9			74.9	59.9	53.9	79.2
5								
6	Recto							
7	V50	45.4						50
8	V60	54.5						60
9	V65	59.1						65
10	V70	63.6						70
11	V75	68.2						75
12								
13	Vejiga							
14	V65	59.1						65
15	V70	63.6						70
16	V75	68.2						75
17	V80	72.7						80
18								
19	CabFemoral	0	%					

Figura V.E.4: Módulo *ParamsLectura*, que contiene los parámetros de empleados en los códigos de lectura y cálculo.

V.E.3.2. Módulo *ParamsLectura*

Como se ha comentado en el último apartado, este módulo recogió la información (editable) de cada uno de los parámetros a leer para cada estructura. Su estructura puede observarse en la Figura V.E.4.

V.E.3.3. Módulo *CalculoTCP*

Antes de iniciar el cálculo de TCP, fue necesario trasladar la información contenida en *DVHCrudo* a este módulo. Para ello se empleó la rutina *Procesar para TCP*, con el siguiente código:

```

Dim nombrevolumen As String
Dim dosis As Double
Dim volumen As Double
Range("g24").Activate
nombrevolumen = ActiveCell.Value
ActiveCell.Value = ""
Worksheets("CalculoTCP").Activate
ActiveSheet.Range("g10").Activate
Worksheets("DVHCrudo").Activate
Range("a1").Activate
Worksheets("DVHCrudo").Cells.Find(What:=nombrevolumen, After:=ActiveCell, LookIn:=xlFormulas, _
    LookAt:=xlPart, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:=xlNext, _
    MatchCase:=False, SearchFormat:=False).Activate
Do While ActiveCell.Value = nombrevolumen
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = True Then
        dosis = ActiveCell.Value / 1000
    End If
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = False Then
        dosis = Replace(ActiveCell.Value, ".", ",")
        dosis = dosis / 1000
    End If
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate

    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = True Then
        volumen = ActiveCell.Value / 100000
    End If
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = False Then

```



```

volumen = Replace(ActiveCell.Value, ".", ",")
volumen = volumen / 100000
End If

Worksheets("CalculoTCP").Activate
ActiveCell.Value = dosis / ActiveSheet.Range("h6").Value
ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
ActiveCell.Value = volumen
ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
Worksheets("DVHCrudo").Activate
ActiveCell.Offset(1, -2).Activate
Loop

Worksheets("CalculoTCP").Activate
'Valores Iniciales
ActiveSheet.Range("x9:x12").Select
Selection.Copy
ActiveSheet.Range("ab9").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveSheet.Range("J4:J6").Select
Selection.Copy
ActiveSheet.Range("BB4").Select
ActiveSheet.Paste
'Okunieff
ActiveSheet.Range("z4:z6").Select
Selection.Copy
ActiveSheet.Range("J4").Select
ActiveSheet.Paste
ActiveSheet.Range("x10:x12").Select
Selection.Copy
ActiveSheet.Range("ab14").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
'Levegrun
ActiveSheet.Range("y4:y6").Select
Selection.Copy
ActiveSheet.Range("J4").Select
ActiveSheet.Paste
ActiveSheet.Range("x10:x12").Select
Selection.Copy
ActiveSheet.Range("ab18").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
'Recuperar valores originales
ActiveSheet.Range("BB4:bb6").Select
Selection.Copy
ActiveSheet.Range("J4").Select
ActiveSheet.Paste

ActiveSheet.Range("AB9:AB12").Select
Selection.Copy

```

Al ejecutar el código, la información de los DVHs es procesada y formateada al módulo que se está describiendo, y que posee el aspecto recogido en la Figura V.E.5, tomando como ejemplo los datos de una próstata de bajo riesgo.

V.E.3.4. Módulo *CalculoNTCP*

Antes de iniciar el cálculo de NTCP, igual que en el caso anterior, fue necesario trasladar la información contenida en *DVHCrudo* a este módulo. Para ello se emplearon las rutinas *NTCP Recto*, *NTCP Vejiga*, *NTCP CFem*, *NTCP Otros*, según el OAR a procesar. Se presenta a continuación código para el caso del procesamiento de la información para el cálculo de NTCP de recto, siendo el resto semejantes en estructura, con las correspondientes variaciones sintácticas adaptadas a cada situación:

```

Dim nombrevolumen As String
Dim dosis, dosissesion, alfabetas As Double
Dim volumen As Double
Range("g24").Activate
nombrevolumen = ActiveCell.Value
ActiveCell.Value = ""
Worksheets("CalculoNTCP").Activate
ActiveSheet.Range("h4").Activate
ActiveCell.Value = 80

```

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						
31																						
32																						
33																						
34																						
35																						
36																						
37																						
38																						
39																						
40																						
41																						
42																						
43																						
44																						
45																						
46																						
47																						
48																						
49																						
50																						
51																						
52																						
53																						
54																						
55																						
56																						

Figura V.E.5: Módulo *CalculoTCP*, que calcular los valores de TCP según los distintos modelos y parámetros descritos en el texto. Se recoge como ejemplo el caso de una próstata de bajo riesgo. En la parte derecha se recopilan los datos finales para cada conjunto modelo/parámetro.

```

ActiveSheet.Range("h5").Activate
ActiveCell.Value = 0.12
ActiveSheet.Range("h6").Activate
ActiveCell.Value = 0.15
ActiveSheet.Range("h7").Activate
ActiveCell.Value = 8.33
ActiveSheet.Range("h8").Activate
ActiveCell.Value = 4
ActiveSheet.Range("e1").Activate
dosissesion = ActiveCell.Value
ActiveSheet.Range("h1").Activate
alfabeta = ActiveCell.Value
ActiveSheet.Range("b10").Activate
Worksheets("DVHCrudo").Activate
Range("a1").Activate
Worksheets("DVHCrudo").Cells.Find(What:=nombrevolumen, After:=ActiveCell, LookIn:=xlFormulas, _
    LookAt:=xlPart, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:=xlNext, _
    MatchCase:=False, SearchFormat:=False).Activate
Do While ActiveCell.Value = nombrevolumen
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = True Then
        dosis = ActiveCell.Value / 1000
    End If
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = False Then
        dosis = Replace(ActiveCell.Value, ".", ",")
        dosis = dosis / 1000
    End If
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate

    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = True Then
        volumen = ActiveCell.Value / 100000
    End If
    If IsNumeric(ActiveCell.Value) = False Then
        volumen = Replace(ActiveCell.Value, ".", ",")
        volumen = volumen / 100000
    End If

    Worksheets("CalculoNTCP").Activate
    'ActiveSheet.Range("g10").Activate
    ActiveCell.Value = dosis * (1 + (dosissesion / alfabeta)) / (1 + (2 / alfabeta))
    ActiveCell.Offset(0, 1).Activate
    ActiveCell.Value = volumen

```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Sesiones	28		DosisSesion	2.5		AlfaBeta	3								
2																
3		recto	veiga	cab fem			SELECCIONADOS									
4	TD50	80	80	65			TD50	80								
5	n	0.12	0.5	0.25			n	0.12								
6	m	0.15	0.11	0.12			m	0.15								
7	a	8.33	2	4			a	8.33								
8	gamma50	4	4	4			gamma50	4								
9		di total (Gy)	vi (suma=1)	vi * di*(1/m)	Deff	t	NTCP-LKB			NTCP-Niemierko				gEUD	53.748	
10		0	0	0	53.75457776	-2.187118534	0.0144			dosis totales	ExpresionEUD	gEUD	NTCP	NTCP LKB	0.0144	
11		3.025	0	0						0	0	53.748	0.00172	NTCP Niem	0.0017	
12		3.135	0.00026	3.550473082						3.025	3.536975888					
13		3.245	0.00116	21.11448527						3.135	21.03180031					
14		3.355	0.00233	55.9921261						3.245	55.76666203					
15		3.465	0.00194	60.99904355						3.355	60.74758193					
16		3.575	0.00401	163.5980378						3.465	163.9047835					
17		3.685	0.00401	210.5992439						3.575	209.6856367					
18		3.795	0.00453	303.9926178						3.685	302.6441833					
19		3.905	0.00414	352.5134237						3.795	350.9163387					
20		4.015	0.0044	472.2430661						3.905	470.0600092					
21		4.125	0.00491	660.1071439						4.015	656.9964451					
22		4.235	0.00427	714.8358594						4.125	711.404846					
23		4.345	0.0044	912.0826259						4.235	907.6273002					
24		4.455	0.00388	990.5946133						4.345	985.6736264					
25		4.565	0.00284	888.5015483						4.455	884.0158525					
26		4.675	0.00349	1331.492998						4.565	1324.665671					
27		4.785	0.00356	1556.044914						4.675	1547.946174					
28		4.895	0.0051	1755.00539						4.785	1725.84446					
29		5.005	0.00356	2263.115014						4.895	2250.99888					
30		5.115	0.00349	2817.555054						5.005	2802.267512					
31		5.225	0.00181	1744.74126						5.115	1735.151542					
32		5.335	0.0031	3554.800439						5.225	3535.016488					
33		5.445	0.0031	4213.833725						5.335	4190.096917					
34		5.555	0.00155	2489.042003						5.445	2474.856061					
35		5.665	0.00155	2930.877385						5.555	2913.982796					
36		5.775	0.00194	4305.943245						5.665	4280.847872					
37		5.885	0.00142	3688.435876						5.775	3666.708759					
38		5.995	0.0022	6668.056066						5.885	6628.368003					
39		6.105	0.00091	3209.386056						5.995	3190.090539					
40		6.215	0.00207	8471.879831						6.105	8420.44383					
41		6.325	0.00116	5494.933041						6.215	5461.251825					
42		6.435	0.00129	7054.95591						6.325	7011.309557					
43		6.545	0.00103	6487.603739						6.435	6447.103118					
44		6.655	0.00116	8395.086094						6.545	8342.214019					
45		6.765	0.00142	11781.12287						6.655	11706.28589					

Figura V.E.6: Módulo *CalculoNTCP*, que calcular los valores de NTCP según los distintos modelos y parámetros descritos en el texto. Se recoge como ejemplo el caso de una próstata de bajo riesgo. En la parte derecha se recopilan los datos finales para cada conjunto modelo/parámetro.

```

ActiveCell.Offset(1, -1).Activate
Worksheets("DVHCrudo").Activate
ActiveCell.Offset(1, -2).Activate
Loop

Worksheets("CalculoNTCP").Activate

ActiveSheet.Range("P8:P10").Select
Selection.Copy

```

Al ejecutar el código, la información de los DVHs es igualmente procesada y formateada al módulo que se está describiendo, y que posee el aspecto que se observa en la Figura V.E.6, tomando nuevamente como ejemplo los datos de una próstata de bajo riesgo.

VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] Jemal A, Bray F, Center MM, Ferlay J, Ward E, Formann D. **Global cancer statistics.** *CA Cancer J Clin* 2011; 61: 69–90.
- [2] Halperin EC, Perez CA, Brady LW. **Principles and practice of radiation oncology.** *Lippincott Williams & Wilkins*; 2008.
- [3] De Vita VT, Goldin A, Oliverio VT, *et al.* **The drug development and clinical trials programs of the Division of Cancer Treatment, National Cancer Institute.** *Cancer Clin Trials* 1979; 2: 195–216.
- [4] Souhami R, Tobias J. **Cancer and its management.** *Blackwell, Oxford*; 1986.
- [5] Guirado, D. **Radiobiología clínica.** *SEFM*; 2003.
- [6] Mould RF. **Invited review: Röntgen and the discovery of x-rays.** *Br J Radiol* 1995; 68: 1145–76.
- [7] Thomas A, Isherwood I, Wells PNT. **The invisible Light-100 years of medical radiology.** *Blackwell, Oxford*; 1986.
- [8] Webb S. **The physics of medical imaging.** *Institute of Physics Publishing, Bristol*; 1988.
- [9] Webb S. **The physics of three dimensional radiation therapy: conformal radiotherapy, radiosurgery and treatment planning.** *Institute of Physics Publishing, Bristol*; 1993.
- [10] Webb S. **The physics of conformal radiotherapy.** *Institute of Physics Publishing, Bristol*; 1997.
- [11] Webb S. **The physics of radiation treatment.** *Physics World*, november 1998; 39–43.
- [12] Smith AR. **Radiation therapy physics.** *Springer Verlag, Berlin*; 1995.
- [13] Meyer JL, Purdy A. **3D conformal radiotherapy: a new era in the irradiation of cancer.** *Karger, Basel*; 1996.

-
- [14] Van Dyk J. **The modern technology of radiation oncology.** *Medical Physics Publishing, Madison WI; 1999.*
- [15] Schlegel W, Mahr A. **3D conformal radiation therapy.** Springer, Heidelberg, 2001.
- [16] Mayles P, Nahum A, Rosenwald JC. **Handbook of radiotherapy physics.** *Taylor & Francis; 2007.*
- [17] Khan FM. **The physics of radiation therapy.** *Lippincott Williams & Wilkins; 2010.*
- [18] Mackie TR, Holmes T, Swerdloff S, *et al.* **Tomotherapy: A new concept for the delivery of dynamic conformal radiotherapy.** *Med Phys* 1993; 20: 1709 19.
- [19] Leavitt DD, Martin M, Moeller JH, Lee WL. **Dynamic wedge field techniques through computer-controlled collimator motion and dose delivery.** *Med Phys* 1990; 17: 87 91.
- [20] Chang SX, Cullip TJ, Deschesne KM, Miller EP, Rosenman JG. **Compensators: An alternative IMRT delivery technique.** *J Appl Clin Med Phys* 2004; 5: 15 36.
- [21] Bortfeld T, Boyer AL, Schlegel W, Kahler DL, Waldron TJ. **Realization and verification of three-dimensional conformal radiotherapy with modulated fields.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994; 30: 899 908.
- [22] Bortfeld TR, Kahler L, Waldron TJ, Boyer A. **X-ray field compensation with multileaf collimators.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994; 28: 723 30.
- [23] Spirou SV, Chui CS. **Generation of arbitrary intensity profiles by dynamic jaws or multileaf collimators.** *Med Phys* 1994; 21: 1031 41.
- [24] Stein J, Bortfeld T, Dorschel B, Schlegel W. **Dynamic x-ray compensation for conformal radiotherapy by means of multi-leaf collimation.** *Radiother Oncol* 1994; 32: 163 73.
- [25] Svensson R, Källman P, Brahme A. **An analytical solution for the dynamic control of multileaf collimators.** *Phys Med Biol* 1994; 39: 37 61.
- [26] Yu CX. **Intensity-modulated arc therapy with dynamic multileaf collimation: an alternative to tomotherapy.** *Phys Med Biol* 1995; 40: 1435 49.
- [27] Staffurth J, Barrett A, Barrett J, Beardmore C, Cooper T, Davies S, *et al.* **A review of the clinical evidence for intensity-modulated radiotherapy.** *Clin Oncol* 2010; 22: 643 57.

- [28] Arbea L, Ramos LI, Martínez-Monge R, Moreno M, Aristu J. **Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) vs. 3D conformal radiotherapy (3DCRT) in locally advanced rectal cancer (LARC): dosimetric comparison and clinical implications.** *Radiat Oncol* 2010; 5: 17.
- [29] Zabel A, Thilmann C, Zuna I, Schlegel W, Wannenmacher M, Debus J. **Comparison of forward planned conformal radiation therapy and inverse planned intensity modulated radiation therapy for esthesioneuroblastoma.** *Br J Radiol* 2002; 75: 356 61.
- [30] Ma L, Yu CX, Earl M, et al. **Optimized intensity-modulated arc therapy for prostate cancer treatment.** *Int J Cancer* 2001; 96: 379 84.
- [31] Wong E, Chen JZ, Greenland J. **Intensity-modulated arc therapy simplified.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 222 35.
- [32] Yu CX, Li XA, Ma L, et al. **Clinical implementation of intensity-modulated arc therapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 453 63.
- [33] Crooks SM, Wu X, Takita C, Watzich M, Xing L. **Aperture modulated arc therapy.** *Phys Med Biol* 2003; 48: 1033 44.
- [34] Earl MA, Shepard DM, Naqvi S, Li XA, Yu CX. **Inverse planning for intensity-modulated arc therapy using direct aperture optimization.** *Phys Med Biol* 2003; 48: 1075 89.
- [35] Yu C, Shepard D, Earl M, et al. **New developments in intensity modulated radiation therapy.** *Technol Cancer Res Treat* 2006; 5: 451 64.
- [36] Tang G, Earl MA, Luan S, Naqvi SA, Yu CX. **Converting multiple-arc intensity-modulated arc therapy into a single arc for efficient delivery.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 69: S673.
- [37] Otto K. **Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc.** *Med Phys* 2008; 35: 310 7.
- [38] Bortfeld T, Webb S. **Single-Arc IMRT?** *Phys Med Biol* 2009; 54: N9 20.
- [39] Bzdusek K, Friberger H, Eriksson K, Hårdemark B, Robinson D, Kaus M. **Development and evaluation of an efficient approach to volumetric arc therapy planning.** *Med Phys* 2009; 36: 2328 39.
- [40] Yang JN, Mackie TR, Reckwerdt P, Deasy JO, Thomadsen BR. **An investigation of tomotherapy beam delivery.** *Med Phys* 1997; 24: 425 36.
- [41] Cao D, Holmes TW, Afghan MK, Shepard DM. **Comparison of plan quality provided by intensity-modulated arc therapy and helical tomotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 69: 240 50.

- [42] Wu Y, Yan D, Sharpe MB, Miller B, Wong JW. **Implementing multiple static field delivery for intensity modulated beams.** *Med Phys* 2001; 28: 2188–97.
- [43] Shepard DM, Cao D, Afghani MK, Earl MA. **An arc-sequencing algorithm for intensity modulated arc therapy.** *Med Phys* 2007; 34: 464–70.
- [44] Webb S, McQuaid D. **Some considerations concerning volume-modulated arc therapy: a stepping stone towards a general theory.** *Phys Med Biol* 2009; 54: 4345–60.
- [45] Verbakel WF, Cuijpers JP, Hoffmans D, Bieker M, Slotman BJ, Senan S. **Volumetric intensity-modulated arc therapy vs. conventional IMRT in head-and-neck cancer: a comparative planning and dosimetric study.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009; 74: 252–9.
- [46] Shaffer R, Morris WJ, Moiseenko V, *et al.* **Volumetric modulated Arc therapy and conventional intensity-modulated radiotherapy for simultaneous maximal intraprostatic boost: a planning comparison study.** *Clin Oncol* 2009; 21: 401–7.
- [47] Zhang P, Happersett L, Hunt M, Jackson A, Zelefsky M, Mageras G. **Volumetric modulated arc therapy: planning and evaluation for prostate cancer cases.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010; 76: 1456–62.
- [48] Rao M, Yang W, Chen F, *et al.* **Comparison of Elekta VMAT with helical tomotherapy and fixed field IMRT: plan quality, delivery efficiency and accuracy.** *Med Phys* 2010; 37: 1350–9.
- [49] Oliver M, Gagne I, Bush K, Zavgorodni S, Ansbacher W, Beckham W. **Clinical significance of multi-leaf collimator positional errors for volumetric modulated arc therapy.** *Radiother Oncol* 2010; 97: 554–60.
- [50] Betzel GT, Yi BY, Niu Y, Yu CX. **Is RapidArc more susceptible to delivery uncertainties than dynamic IMRT?** *Med Phys* 2012; 39: 5882–90.
- [51] Reft CS, Runkel-Muller R, Myriantopoulos L. **In vivo and phantom measurements of the secondary photon and neutron doses for prostate patients undergoing 18 MV IMRT.** *Med Phys* 2001; 33: 3734–42.
- [52] Pasler M, Georg D, Wirtz H, Lutterbach J. **Effect of photon-beam energy on VMAT and IMRT treatment plan quality and dosimetric accuracy for advanced prostate cancer.** *Strahlenther Onkol* 2011; 187: 792–8.
- [53] Mattes MD, Tai C, Lee A, Ashamalla H, Ikoro NC. **The dosimetric effects of photon energy on the quality of prostate volumetric modulated arc therapy.** *Pract Radiat Oncol* 2014; 4: e39–44.

- [54] Guckenberger M, Richter A, Krieger T, Wilbert J, Baier K, Flentje M. **Is a single arc sufficient in volumetric-modulated arc therapy (VMAT) for complex-shaped target volumes?**. *Radiother Oncol* 2009; 93: 259–65.
- [55] Li H, Lee AK, Johnson JL, Zhu RX, Kudchadker RJ. **Characterization of dose impact on IMRT and VMAT from couch attenuation for two Varian couches**. *J Appl Clin Med Phys* 2011; 12: 3471.
- [56] Pulliam KB, Howell RM, Followill D, Luo D, White RA, Kry SF. **The clinical impact of the couch top and rails on IMRT and arc therapy**. *Phys Med Biol* 2011; 56: 7435–47.
- [57] Njeh CF, Parker J, Spurgin J, Rhoe E. **A validation of carbon fiber imaging couch top modeling in two radiation therapy treatment planning systems: Philips Pinnacle³ and BrainLAB iPlan RT Dose**. *Radiat Oncol* 2012; 7: 190.
- [58] Bedford JL, Lee YK, Wai P, South CP, Warrington AP. **Evaluation of the Delta4 phantom for IMRT and VMAT verification**. *Phys Med Biol* 2009; 54: N167–76.
- [59] Verbakel WF, Senan S, Lagerwaard FJ, Cuijpers JP, Slotman BJ. **Comments on ‘Single-Arc IMRT?’**. *Phys Med Biol* 2009; 54: L31–4.
- [60] Bortfeld T, Webb S. **Reply to ‘Comments on ‘Single-Arc IMRT?’**. *Phys Med Biol* 2009; 54: L35–6.
- [61] Otto K. **Letter to the Editor on ‘Single-Arc IMRT?’**. *Phys Med Biol* 2009; 54: L37–41.
- [62] Ling CC, Zhang P, Archambault Y, Bocanek J, Tang G, Losasso T. **Commissioning and quality assurance of RapidArc radiotherapy delivery system**. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 72: 575–81.
- [63] Mehta M, Hoban P, Mackie TR. **Commissioning and quality assurance of RapidArc radiotherapy delivery system: in regard to Ling et al. (Int J Radiat Oncol Biol Phys 2008;72;575-581): Absence of data does not constitute proof; the proof is in tasting the pudding**. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009; 75: 4–6.
- [64] Mohan 2009. **Dueling Technologies: in regard to Ling et al. (Int J Radiat Oncol Biol Phys 2008; 72: 575–81)**. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009; 75: 6–7.
- [65] Dutreix A, Bjärngård BE, Bridier A, Mijnheer B, Shaw JE, Svensson H. **ESTRO Physics Booklet 3: Monitor unit calculation for high energy photon beams**. *ESTRO (Belgium); 1997*.

- [66] Andreo P, Izewska J, Shortt K, Vatnitsky K. **Technical Reports Series No. 430: Commissioning and quality assurance of computerized planning systems for radiation treatment of cancer.** IAEA (Vienna); 2004.
- [67] Bruinvis IAD, Keus RB, Lenglet WJM, *et al.* **Quality assurance of 3-D treatment planning systems for external photon and electron beams.** NCS (Amsterdam); 2005.
- [68] Van Dyk J, Ibbot G, Schmidt R, Welleweerd J. **IAEA-TECDOC-1540: Specification and acceptance testing of radiotherapy treatment planning systems.** IAEA (Vienna); 2007.
- [69] Karlsson M, Ahnesjö A, Geord D, Nyholm T, Olofsson J. **ESTRO Physics Booklet 10: Independent dose calculations. Concepts and models.** ESTRO (Belgium); 2010.
- [70] Fraass B, Doppke K, Hunt M, *et al.* **American Association of Physicists in Medicine Radiation Therapy Committee Task Group 53: Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning.** *Med Phys* 1998; 25: 1773–829.
- [71] Van Dyk J, Barnett RB, Cygler JE, Schragge PC. **Commissioning and quality assurance of treatment planning computers.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993; 26: 261–73.
- [72] Chan J, Russell D, Peeters VG, Farrell TJ. **Comparison of monitor unit calculations performed with a 3D computerized planning system and independent “hand” calculations: Results of three years clinical experience.** *J Appl Clin Med Phys* 2002; 3: 293–301.
- [73] Ramsey C, Dube S, Hendee WR. **It is necessary to validate each individual IMRT treatment plan before delivery.** *Med Phys* 2003; 30(9): 2271–3.
- [74] Burman C, Chui CS, Kutcher G, *et al.* **Planning, delivery, and quality assurance of intensity-modulated radiotherapy using dynamic multileaf collimator: a strategy for large-scale implementation for the treatment of carcinoma of the prostate.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1997; 39: 863–873.
- [75] Intensity Modulated Radiation Therapy Collaborative Working Group. **Intensity-modulated radiotherapy: current status and issues of interest.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 51: 880–914.
- [76] Ezzell GA, Galvin JM, Low D, *et al.* **Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT: report of the IMRT Subcommittee of the AAPM Radiation Therapy Committee.** *Med Phys* 2003; 30: 2089–115.

- [77] Galvin JM, Ezzell G, Eisbruch A, *et al.* **Implementing IMRT in clinical practice: a joint document of the American Society for Therapeutic Radiology and Oncology and the American Association of Physicists in Medicine.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 58: 1616–34.
- [78] Bortfeld T, Schmidt-Ullrich R, De Neve W, Wazer DE. **Image-Guided IMRT.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006.
- [79] Molineu A, Followill DS, Balter PA, *et al.* **Design and implementation of an anthropomorphic quality assurance phantom for intensity-modulated radiation therapy for the Radiation Therapy Oncology Group.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 63: 577–83.
- [80] Ibbott GS, Molineu A, Followill DS. **Independent evaluations of IMRT through the use of an anthropomorphic phantom.** *Technol Cancer Res Treat* 2006; 5: 481–7.
- [81] Palta JR, Mackie TR. **Intensity-modulated radiation therapy: the state of the art.** AAPM Monograph No. 29. Medical Physics Publishing (Madison, WI); 2003.
- [82] Ahnesjö A, Hårdemark B, Isacsson U, Montelius A. **The IMRT information process-mastering the degrees of freedom in external beam therapy.** *Phys Med Biol* 2006; 51: R381–402.
- [83] Alber M, Broggi S, De Wagter C, *et al.* **ESTRO Physics Booklet 9: Guidelines for the verification of IMRT.** ESTRO (Belgium): Editado por Georg Mijnheer; 2008.
- [84] **ICRU Report 83.** *Journal of the ICRU* 2010; 10.
- [85] Stock M, Kroupa B, Georg D. **Interpretation and evaluation of the gamma index and the gamma index angle for the verification of IMRT hybrid plans.** *Phys Med Biol* 2005; 50: 399–411.
- [86] McDermott LN, Wendling M, Sonke JJ, van Herk M, Mijnheer BJ. **Replacing pretreatment verification with in vivo EPID dosimetry for prostate IMRT.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 67: 1568–77.
- [87] Sánchez-Doblado F, Hartmann GH, Pena J, *et al.* **Uncertainty estimation in IMRT absolute dosimetry verification.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 68: 301–10.
- [88] **RD 1566/1998, de 17 julio.**
- [89] Ma CM, Pawlicki T, Jiang SB, *et al.* **Monte Carlo verification of IMRT dose distributions from a commercial treatment planning optimization system.** *Phys Med Biol* 2000; 45: 2483–95.

- [90] Leal A, Sánchez-Doblado F, Arráns R, Roselló J, Pavón EC, Lagares JI. **Routine IMRT verification by means of an automated Monte Carlo simulation system.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 58-68.
- [91] Fippel M, Haryanto F, Dohm O, Nüsslin F, Kriesen S. **A virtual photon energy fluence model for Monte Carlo dose calculation.** *Med Phys* 2003; 30: 301-11.
- [92] Boyer A, Xing L, Ma CM, *et al.* **Theoretical considerations of monitor unit calculations for intensity modulated beam treatment planning.** *Med Phys* 1999; 26: 187-95.
- [93] Kung JH, Chen GTY, Kuchnir FK. **A monitor unit verification calculation in intensity modulated radiotherapy as a dosimetry quality assurance.** *Med Phys* 2000; 27: 2226-30.
- [94] Yang Y, Xing L, Li JG, *et al.* **Independent dosimetric calculation with inclusion of head scatter and MLC transmission for IMRT.** *Med Phys* 2003; 30: 2937-47.
- [95] Xing L, Chen Y, Luxton G, Li JG, Boyer AL. **Monitor unit calculation for an intensity modulated photon field by a simple scatter-summation algorithm.** *Phys Med Biol* 2000; 45: N1-7.
- [96] Linthout N, Verellen D, Van Acker S, Storme G. **A simple theoretical verification of monitor unit calculation for intensity modulated beams using dynamic mini-multileaf collimation.** *Radiother Oncol* 2004; 71: 235-41.
- [97] Georg D, Nyholm T, Olofsson J, *et al.* **Clinical evaluation of monitor unit software and the application of action levels.** *Radiother Oncol* 2007; 85: 306-15.
- [98] Georg D, Stock M, Kroupa B, *et al.* **Patient-specific IMRT verification using independent fluence-based dose calculation software: experimental benchmarking and initial clinical experience.** *Phys Med Biol* 2007; 52: 4981-91.
- [99] Leybovich LB, Sethi A, Dogan N. **Comparison of ionization chambers of various volumes for IMRT absolute dose verification.** *Med Phys* 2003; 30: 119-23.
- [100] Laub WU, Wong T. **The volume effect of detectors in the dosimetry of small fields used in IMRT.** *Med Phys* 2003; 30: 341-7.
- [101] Capote R, Sánchez-Doblado F, Leal A, Lagares JI, Arráns R, Hartmann GH. **An EGSnrc Monte Carlo study of the microionization chamber for reference dosimetry of narrow irregular IMRT beamlets.** *Med Phys* 2004; 31: 2416-22.

- [102] Bouchard H, Seuntjens J. **Ionization chamber-based reference dosimetry of intensity modulated radiation beams.** *Med Phys* 2004; 31: 2454–65.
- [103] Martens C, De Wagter C, De Neve W. **The value of the LA48 linear ion chamber array for characterization of intensity-modulated beams.** *Phys Med Biol* 2001; 46: 1131–48.
- [104] Oldham M, Webb S. **Intensity-modulated radiotherapy by means of static tomotherapy: a planning and verification study.** *Med Phys* 1997; 24: 827–36.
- [105] Danciu C, Proimos BS, Rosenwald JC, Mijnheer BJ. **Variation of sensitometric curves of radiographic films in high energy photon beams.** *Med Phys* 2001; 28: 966–74.
- [106] Childress NL, Dong L, Rosen II. **Rapid radiographic film calibration for IMRT verification using automated MLC fields.** *Med Phys* 2002; 29: 2384–90.
- [107] Gillis S, De Wagter C, Bohsung J, Perrin B, Williams P, Mijnheer BJ. **An inter-centre quality assurance network for IMRT verification: results of the ESTRO QUASIMODO project.** *Radiother Oncol* 2005; 76: 340–53.
- [108] Schwarz M, Bos LJ, Mijnheer BJ, Lebesque JV, Damen EM. **Importance of accurate dose calculations outside segment edges in intensity modulated radiotherapy treatment planning.** *Radiother Oncol* 2003; 69: 305–14.
- [109] Childress NL, White RA, Bloch C, Salehpour M, Dong L, Rosen II. **Retrospective analysis of 2D patient-specific IMRT verifications.** *Med Phys* 2005; 32: 838–50.
- [110] Budgell GJ, Perrin BA, Mott JH, Fairfoul J, Mackay RI. **Quantitative analysis of patient-specific dosimetric IMRT verification.** *Phys Med Biol* 2005; 50: 103–19.
- [111] Zhu XR, Jursinic PA, Grimm DF, Lopez F, Rownd JJ, Gillin MT. **Evaluation of Kodak EDR2 film for dose verification of intensity modulated radiation therapy delivered by a static multileaf collimator.** *Med Phys* 2002; 29: 1687–92.
- [112] Devic S, Seuntjens J, Sham E, *et al.* **Precise radiochromic film dosimetry using a flat-bed document scanner.** *Med Phys* 2005; 32: 2245–53.
- [113] Todorovic M, Fischer M, Cremers F, Thom E, Schmidt R. **Evaluation of Gaf-Chromic EBT prototype B for external beam dose verification.** *Med Phys* 2006; 33: 1321–8.

- [114] Zeidan OA, Stephenson SA, Meeks SL, *et al.* **Characterization and use of EBT radiochromic film for IMRT dose verification.** *Med Phys* 2006; 33: 4064–72.
- [115] Lynch BD, Kozelka J, Ranade MK, Li JG, Simon WE, Dempsey JF. **Important considerations for radiochromic film dosimetry with flatbed CCD scanners and EBT GAFCHROMIC film.** *Med Phys* 2006; 33: 4551–6.
- [116] Soares CG. **New developments in radiochromic film dosimetry.** *Radiat Prot Dosimetry* 2006; 120: 100–6.
- [117] Kairn T, Hardcastle N, Kenny J, Meldrum R, Tomé WA, Aland T. **EBT2 radiochromic film for quality assurance of complex IMRT treatments of the prostate: micro-collimated IMRT, RapidArc, and TomoTherapy.** *Australas Phys Eng Sci Med.* 2011; 34: 333–43.
- [118] Devic S. **Radiochromic film dosimetry: past, present, and future.** *Phys Med* 2011; 27: 122–34.
- [119] Casanova Borca V, Pasquino M, Russo G, *et al.* **Dosimetric characterization and use of GAFCHROMIC EBT3 film for IMRT dose verification.** *J Appl Clin Med Phys* 2013; 14: 4111.
- [120] Paelinck L, De Neve W, De Wagter C. **Precautions and strategies in using a commercial flatbed scanner for radiochromic film dosimetry.** *Phys Med Biol* 2007; 52: 231–42.
- [121] Fuss M, Sturtewagen E, De Wagter C, Georg D. **Dosimetric characterization of GafChromic EBT film and its implication on film dosimetry quality assurance.** *Phys Med Biol* 2007; 52: 4211–25.
- [122] Arráns R, Miras H, Ortiz-Seidel M, Terrón JA, Macías J, Ortiz-Lora A. **Dosimetría con películas radiocrómicas.** *Rev Fis Med* 2009; 10: 83–104.
- [123] McCurdy BM, Luchka K, Pistorius S. **Dosimetric investigation and portal dose image prediction using an amorphous silicon electronic portal imaging device.** *Med Phys* 2001; 28: 911–24.
- [124] Grein EE, Lee R, Luchka K. **An investigation of a new amorphous silicon electronic portal imaging device for transit dosimetry.** *Med Phys* 2002; 29: 2262–8.
- [125] McDermott LN, Louwe RJ, Sonke JJ, van Herk MB, Mijnheer BJ. **Dose-response and ghosting effects of an amorphous silicon electronic portal imaging device.** *Med Phys* 2004; 31: 285–95.

- [126] Moran JM, Roberts DA, Nurushev TS, Antonuk LE, El-Mohri Y, Fraass BA. **An Active Matrix Flat Panel Dosimeter (AMFPD) for in-phantom dosimetric measurements.** *Med Phys* 2005; 32: 466–72.
- [127] Winkler P, Hefner A, Georg D. **Dose-response characteristics of an amorphous silicon EPID.** *Med Phys* 2005; 32: 3095–105.
- [128] McDermott LN, Nijsten SM, Sonke JJ, Partridge M, van Herk M, Mijnheer BJ. **Comparison of ghosting effects for three commercial a-Si EPIDs.** *Med Phys* 2006; 33: 2448–51.
- [129] Greer PB, Popescu CC. **Dosimetric properties of an amorphous silicon electronic portal imaging device for verification of dynamic intensity modulated radiation therapy.** *Med Phys* 2003; 30: 1618–27.
- [130] Warkentin B, Steciw S, Rathee S, Fallone BG. **Dosimetric IMRT verification with a flat-panel EPID.** *Med Phys* 2003; 30: 3143–55.
- [131] Van Esch A, Depuydt T, Huyskens DP. **The use of an aSi-based EPID for routine absolute dosimetric pre-treatment verification of dynamic IMRT fields.** *Radiother Oncol* 2004; 71: 223–34.
- [132] McDermott LN, Wendling M, van Asselen B, *et al.* **Clinical experience with EPID dosimetry for prostate IMRT pre-treatment dose verification.** *Med Phys* 2006; 33: 3921–30.
- [133] Pecharromán-Gallego R, Mans A, Sonke JJ, *et al.* **Simplifying EPID dosimetry for IMRT treatment verification.** *Med Phys* 2011; 38: 983–92.
- [134] Létourneau D, Gulam M, Yan D, Oldham M, Wong JW. **Evaluation of a 2D diode array for IMRT quality assurance.** *Radiother Oncol* 2004; 70: 199–206.
- [135] Spezi E, Angelini AL, Romani F, Ferri A. **Characterization of a 2D ion chamber array for the verification of radiotherapy treatments.** *Phys Med Biol* 2005; 50: 3361–73.
- [136] Wiezorek T, Banz N, Schwedas M, *et al.* **Dosimetric quality assurance for intensity-modulated radiotherapy feasibility study for a filmless approach.** *Strahlenther Onkol* 2005; 181: 468–74.
- [137] Poppe B, Blechschmidt A, Djouguela A, *et al.* **Two-dimensional ionization chamber arrays for IMRT plan verification.** *Med Phys* 2006; 33: 1005–15.
- [138] Poppe B, Thieke C, Beyer D, *et al.* **DAVID—a translucent multi-wire transmission ionization chamber for in vivo verification of IMRT and conformal irradiation techniques.** *Phys Med Biol* 2006; 51: 1237–48.

- [139] Nelms BE, Simon JA. **A survey on planar IMRT QA analysis.** *J Appl Clin Med Phys* 2007; 8: 76–90.
- [140] Buonamici FB, Compagnucci A, Marrazzo L, Russo S, Bucciolini M. **An inter-comparison between film dosimetry and diode matrix for IMRT quality assurance.** *Med Phys* 2007; 34: 1372–9.
- [141] Li JG, Yan G, Liu C. **Comparison of two commercial detector arrays for IMRT quality assurance.** *J Appl Clin Med Phys* 2009; 10: 2942.
- [142] Jursinic PA, Nelms BE. **A 2-D diode array and analysis software for verification of intensity modulated radiation therapy delivery.** *Med Phys* 2003; 30: 870–9.
- [143] Stasi M, Giordanengo S, Cirio R, *et al.* **D-IMRT verification with a 2D pixel ionization chamber: dosimetric and clinical results in head and neck cancer.** *Phys Med Biol* 2005; 50: 4681–94.
- [144] Herzen J, Todorovic M, Cremers F, *et al.* **Dosimetric evaluation of a 2D pixel ionization chamber for implementation in clinical routine.** *Phys Med Biol* 2007; 52: 1197–208.
- [145] Both S, Alecu IM, Stan AR, *et al.* **A study to establish reasonable action limits for patient-specific quality assurance in intensity-modulated radiation therapy.** *J Appl Clin Med Phys* 2007; 8: 1–8.
- [146] Basran PS, Woo MK. **An analysis of tolerance levels in IMRT quality assurance procedures.** *Med Phys* 2008; 35: 2300–7.
- [147] Pawlicki T, Yoo S, Court LE, *et al.* **Process control analysis of IMRT QA: Implications for clinical trials.** *Phys Med Biol* 2008; 53: 5193–205.
- [148] Howell RM, Smith IP, Jarrio CS. **Establishing action levels for EPID-based QA for IMRT.** *J Appl Clin Med Phys* 2008; 9: 2721.
- [149] Ezzell GA, Burmeister JW, Dogan N, *et al.* **IMRT commissioning: Multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task Group 119.** *Med Phys* 2009; 36: 5359–73.
- [150] Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. **A technique for the quantitative evaluation of dose distributions.** *Med Phys* 1998; 25: 656–61.
- [151] Depuydt T, Van Esch A, Huyskens DP. **A quantitative evaluation of IMRT dose distributions: refinement and clinical assessment of the gamma evaluation.** *Radiother Oncol* 2002; 62: 309–19.

- [152] Maryanski MJ, Ibbott GS, Eastman P, Schulz RJ, Gore JC. **Radiation therapy dosimetry using magnetic resonance imaging of polymer gels.** *Med Phys* 1996; 23: 699 705.
- [153] De Deene Y, De Wagter C, Van Duyse B, Derycke S, De Neve W, Achten E. **Three-dimensional dosimetry using polymer gel and magnetic resonance imaging applied to the verification of conformal radiation therapy in head-and-neck cancer.** *Radiother Oncol* 1998; 48: 283 91.
- [154] De Deene Y, De Wagter C, Van Duyse B, *et al.* **Validation of MR-based polymer gel dosimetry as a preclinical three-dimensional verification tool in conformal radiotherapy.** *Magn Reson Med* 2000; 43: 116 25.
- [155] Gustavsson H, Karlsson A, Bäck SA, *et al.* **MAGIC-type polymer gel for three-dimensional dosimetry: intensity-modulated radiation therapy verification.** *Med Phys* 2003; 30: 1264 71.
- [156] Yoda K, Nakagawa K, Shiraishi K, Okano Y, Ohtomo K, Pellegrini RG. **Dose verification of intensity-modulated arc therapy using an ERGO++ treatment planning system and Elekta internal multileaf collimators for prostate cancer treatment.** *Br J Radiol* 2009; 82: 328 31.
- [157] Masi L, Casamassima F, Doro R, Francescon P. **Quality assurance of volumetric modulated arc therapy: evaluation and comparison of different dosimetric systems.** *Med Phys* 2011; 38: 612 21.
- [158] Park JY, Lee JW, Choi KS, *et al.* **Development of a novel quality assurance system based on rolled-up and rolled-out radiochromic films in volumetric modulated arc therapy.** *Med Phys* 2011; 38: 6688 96.
- [159] Tanooka M, Doi H, Miura H, *et al.* **Three-dimensional radiochromic film dosimetry for volumetric modulated arc therapy using a spiral water phantom.** *J Radiat Res* 2013; 54: 1153 59.
- [160] Bakhtiari M, Kumaraswamy L, Bailey DW, de Boer S, Malhotra HK, Podgorsak MB. **Using an EPID for patient-specific VMAT quality assurance.** *Med Phys* 2011; 38: 1366 73.
- [161] Jørgensen MK, Hoffmann L, Petersen JB, Praestegaard LH, Hansen R, Muren LP. **Tolerance levels of EPID-based quality control for volumetric modulated arc therapy.** *Med Phys* 2011; 38: 1425 34.
- [162] Adamson J, Wu Q. **Independent verification of gantry angle for pretreatment VMAT QA using EPID.** *Med Phys* 2012; 39: 6587 600.
- [163] Bailey DW, Kumaraswamy L, Bakhtiari M, Malhotra HK, Podgorsak MB. **EPID dosimetry for pretreatment quality assurance with two commercial systems.** *J Appl Clin Med Phys* 2012; 13: 3736.

- [164] Van Esch A, Clermont C, Devillers M, Iori M, Huyskens DP. **On-line quality assurance of rotational radiotherapy treatment delivery by means of a 2D ion chamber array and the Octavius phantom.** *Med Phys* 2007; 34: 3825–37.
- [165] Schreibmann E, Dhabaan A, Elder E, Fox T. **Patient-specific quality assurance method for VMAT treatment delivery.** *Med Phys* 2009; 36: 4530–5.
- [166] Han Z, Ng SK, Bhagwat MS, Lyatskaya Y, Zygmanski P. **Evaluation of MatriXX for IMRT and VMAT dose verifications in peripheral dose regions.** *Med Phys* 2010; 37: 3704–14.
- [167] Syamkumar SA, Padmanabhan S, Sukumar P, Nagarajan V. **Characterization of responses of 2d array seven29 detector and its combined use with octavius phantom for the patient-specific quality assurance in rapidarc treatment delivery.** *Med Dosim* 2012; 37: 53–60.
- [168] Duthoy W, De Gersem W, Vergote K, *et al.* **Whole abdominopelvic radiotherapy (WAPRT) using intensity-modulated arc therapy (IMAT): first clinical experience.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57: 1019–32.
- [169] Ceberg S, Gagne I, Gustafsson H, *et al.* **RapidArc treatment verification in 3D using polymer gel dosimetry and Monte Carlo simulation.** *Phys Med Biol* 2010; 55: 4885–98.
- [170] Williams PC. **IMRT: delivery techniques and quality assurance.** *Br J Radiol* 2003; 76: 766–76.
- [171] Clemente F, Perez-Vara C. **Development of correction factors for a 2D ion chamber array inserted in a cubic and homogeneous phantom for VMAT patient-specific QA.** *Med Phys* 2013; 40: 252–3.
- [172] Clemente F, Perez-Vara C. **Comparison of two different setups for VMAT patient-specific QA.** *Med Phys* 2013; 40: 255.
- [173] Létourneau D, Publicover J, Kozelka J, Moseley DJ, Jaffray DA. **Novel dosimetric phantom for quality assurance of volumetric modulated arc therapy.** *Med Phys* 2009; 36: 1813–21.
- [174] Feygelman V, Forster K, Opp D, Nilsson G. **Evaluation of a biplanar diode array dosimeter for quality assurance of step-and-shoot IMRT.** *J Appl Clin Med Phys* 2009; 10: 3080.
- [175] Feygelman V, Zhang G, Stevens C, Nelms BE. **Evaluation of a new VMAT QA device, or the “X” and “O” array geometries.** *J Appl Clin Med Phys* 2011; 12: 3346.

- [176] Czerminska M, Zygmanski P, Court L. **Evaluation of commercial QA software for independent IMRT dose calculations.** *Med Phys* 2006; 33: 2099.
- [177] Mata Colodro F, Serna Berná A, Puchades Puchades V. **Dosimetric validation of a redundant independent calculation software for VMAT fields.** *Phys Med* 2013; 29: 341–9.
- [178] Al Amri I, Ravichandran R, Sivakumar SS, *et al.* **Radiotherapy pre-treatment dose validation: A second verification of monitor units (MU) with a commercial software.** *J Med Phys* 2012; 37: 235–9.
- [179] Yan G, Liu C, Simon TA, Peng LC, Fox C, Li JG. **On the sensitivity of patient-specific IMRT QA to MLC positioning errors.** *J Appl Clin Med Phys* 2009; 10: 2915.
- [180] Kruse JJ. **On the insensitivity of single field planar dosimetry to IMRT inaccuracies.** *Med Phys* 2010; 37: 2516–24.
- [181] Nelms BE, Zhen H, Tomé WA. **Per-beam, planar IMRT QA passing rates do not predict clinically relevant patient dose errors.** *Med Phys* 2011; 38: 1037–44.
- [182] Zhen H, Nelms BE, Tomé WA. **Moving from gamma passing rates to patient DVH-based QA metrics in pre-treatment dose QA.** *Med Phys* 2011; 38: 5477–89.
- [183] Bailey DW, Nelms BE, Attwood K, Kumaraswamy L, Podgorsak MB. **Statistical variability and confidence intervals for planar dose QA pass rates.** *Med Phys* 2011; 38: 6053–64.
- [184] Stasi M, Bresciani S, Miranti A, Maggio A, Sapino V, Gabriele P. **Pretreatment patient-specific IMRT quality assurance: a correlation study between gamma index and patient clinical dose volume histogram.** *Med Phys* 2012; 39: 7626–34.
- [185] van Zijtveld M, Dirkx ML, de Boer HC, Heijmen BJ. **3D dose reconstruction for clinical evaluation of IMRT pretreatment verification with an EPID.** *Radiother Oncol* 2007; 82: 201–7.
- [186] Boggula R, Lorenz F, Mueller L, *et al.* **Experimental validation of a commercial 3D dose verification system for intensity-modulated arc therapies.** *Phys Med Biol* 2010; 55: 5619–33.
- [187] Korevaar EW, Wauben DJ, van der Hulst PC, Langendijk JA, Van't Veld AA. **Clinical introduction of a linac head-mounted 2D detector array based quality assurance system in head and neck IMRT.** *Radiother Oncol* 2011; 100: 446–52.

- [188] Olch AJ. **Evaluation of the accuracy of 3DVH software estimates of dose to virtual ion chamber and film in composite IMRT QA.** *Med Phys* 2012; 39: 81–6.
- [189] Carrasco P, Jornet N, Latorre A, Eudaldo T, Ruiz A, Ribas M. **3D DVH-based metric analysis versus per-beam planar analysis in IMRT pretreatment verification.** *Med Phys* 2012; 39: 5040–9.
- [190] Feygelman V, Stambaugh C, Opp D, Zhang G, Moros EG, Nelms BE. **Cross-validation of two commercial methods for volumetric high-resolution dose reconstruction on a phantom for non-coplanar VMAT beams.** *Radiother Oncol* 2014; 110: 558–61.
- [191] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **Validación de un sistema de control de calidad pre-tratamiento 3D en técnicas volumétricas basado en matrices bidimensionales de detectores.** *Rev Fis Med* 2015; 16: 11–32.
- [192] Clemente-Gutiérrez F, Pérez-Vara C. **Dosimetric validation and clinical implementation of two 3D dose verification systems for quality assurance in volumetric-modulated arc therapy techniques.** *J Appl Clin Med Phys* 2015; 16: 5190.
- [193] Ling CC, Li XA. **Over the next decade the success of radiation treatment planning will be judged by the immediate biological response of tumor cells rather than by surrogate measures such as dose maximization and uniformity.** *Med Phys* 2005; 32: 2189–92.
- [194] Allen Li X, Alber M, Deasy JO, *et al.* **The use and QA of biologically related models for treatment planning: short report of the TG-166 of the therapy physics committee of the AAPM.** *Med Phys* 2012; 39: 1386–409.
- [195] Niemierko A. **Reporting and analyzing dose distributions: A concept of equivalent uniform dose.** *Med Phys* 1997; 24: 103–10.
- [196] Niemierko A. **A generalized concept of equivalent uniform dose (EUD).** *Med Phys* 1999; 26: 1101.
- [197] Munro TR, Gilbert CW. **The relation between tumour lethal doses and the radiosensitivity of tumour cells.** *Br J Radiol* 1961; 34: 246–51.
- [198] Dale RG. **The application of the linear-quadratic dose-effect equation to fractionated and protracted radiotherapy.** *Br J Radiol* 1985; 58: 518–28.
- [199] Niemierko A, Goitein M. **Implementation of a model for estimating tumor control probability for an inhomogeneously irradiated tumor.** *Radiother Oncol* 1993; 29: 140–7.

- [200] Lyman JT. **Complication probability as assessed from dose-volume histograms.** *Radiat Res* 1985; 104: S13-9.
- [201] Lyman JT, Wolbarst AB. **Optimization of radiation therapy, IV: A dose-volume histogram reduction algorithm.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1989; 17: 433-6.
- [202] Kutcher GJ, Burman C. **Calculation of complication probability factors for non-uniform normal tissue irradiation: the effective volume method.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1989; 16: 1623-30.
- [203] Kutcher GJ, Burman C, Brewster L, Goitein M, Mohan R. **Histogram reduction method for calculating complication probabilities for three-dimensional treatment planning evaluations.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 21: 137-46.
- [204] Niemierko A, Goitein M. **Calculation of normal tissue complication probability and dose-volume histogram reduction schemes for tissues with a critical element architecture.** *Radiother Oncol* 1991; 20: 166-76.
- [205] Niemierko A, Goitein M. **Modeling of normal tissue response to radiation: the critical volume model.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993; 25: 135-45.
- [206] Moiseenko V, Battista J, Van Dyk J. **Normal tissue complication probabilities: dependence on choice of biological model and dose-volume histogram reduction scheme.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 78: 948-50.
- [207] McNeal JE, Redwine EA, Freiha FS, Stamey TA. **Zonal distribution of prostatic adenocarcinoma. Correlation with histologic pattern and direction of spread.** *Am J Surg Pathol* 1988; 12: 897-906.
- [208] Parker SL, Tong T, Bolden S, Wingo PA. **Cancer statistics, 1996.** *CA Cancer J Clin* 1996; 46: 5-27.
- [209] Rose DP, Connolly JM. **Dietary fat, fatty acids and prostate cancer.** *Lipids* 1992; 27: 798-803.
- [210] Evans S, Metcalfe C, Ibrahim F, Persad R, Ben-Shlomo Y. **Investigating Black-White differences in prostate cancer prognosis: A systematic review and meta-analysis.** *Int J Cancer* 2008; 123: 430-5.
- [211] Roddam AW, Allen NE, Appleby P, Key TJ. **Endogenous sex hormones and prostate cancer: a collaborative analysis of 18 prospective studies.** *J Natl Cancer Inst* 2008; 100: 170-83.
- [212] Ma J, Li H, Giovannucci E, *et al.* **Prediagnostic body-mass index, plasma C-peptide concentration, and prostate cancer-specific mortality in men**

- with prostate cancer: a long-term survival analysis.** *Lancet Oncol* 2008 9: 1039 47.
- [213] Canene-Adams K, Lindshield BL, Wang S, Jeffery EH, Clinton SK, Erdman JW Jr. **Combinations of tomato and broccoli enhance antitumor activity in dunning r3327-h prostate adenocarcinomas.** *Cancer Res* 2007; 67: 836 43.
- [214] García Sánchez A, Antona JF, Urrutia M. **Geochemical prospection of cadmium in a high incidence area of prostate cancer, Sierra de Gata, Salamanca, Spain.** *Sci Total Environ* 1992; 116: 243 51.
- [215] Agalliu I, Salinas CA, Hansten PD, Ostrander EA, Stanford JL. **Statin use and risk of prostate cancer: results from a population-based epidemiologic study.** *Am J Epidemiol* 2008; 168: 250 60.
- [216] Hamilton RJ, Banez LL, Aronson WJ, *et al.* **Statin Medication Use and the Risk of Biochemical Recurrence After Radical Prostatectomy. Results From the Shared Equal Access Regional Cancer Hospital (SEARCH) Database.** *Cancer* 2010; 116: 3389 98.
- [217] Choe KS, Correa D, Jani AB, Liauw SL. **The use of anticoagulants improves biochemical control of localized prostate cancer treated with radiotherapy.** *Cancer* 2010; 116: 1820 6.
- [218] Thompson IM, Goodman PJ, Tangen CM, *et al.* **The influence of finasteride on the development of prostate cancer.** *N Engl J Med* 2003; 349: 215 24.
- [219] Thompson IM, Tangen CM, Goodman PJ, Lucia MS, Klein EA. **Chemoprevention of prostate cancer.** *J Urol* 2009; 182: 499 508.
- [220] Jemal A, Murray T, Ward E, *et al.* **Cancer statistics, 2005.** *CA Cancer J Clin* 2005; 55: 10 30.
- [221] Cabanes Domenech A, Pérez-Gómez B, Aragonés N, Pollán M, López-Abente G. **La situación del cáncer en España, 1975-2006.** *Instituto de Salud Carlos III (Madrid);* 2009.
- [222] Klotz L. **Active surveillance for favorable-risk prostate cancer: who, how and why?** *Nat Clin Pract Oncol* 2007; 4: 692 8.
- [223] Heidenreich A, Aus G, Bolla M. **Guía de la EAU para el cáncer de próstata.** *Actas Urol Esp* 2009; 33: 113 26.
- [224] D'Amico AV, Cote K, Loffredo M, Renshaw AA, Chen MH. **Pretreatment predictors of time to cancer specific death after prostate specific antigen failure.** *J Urol* 2003; 169: 1320 4.

- [225] Hanks GE, Pajak TF, Porter A, *et al.* **Phase III trial of long-term adjuvant androgen deprivation after neoadjuvant hormonal cytorreduction and radiotherapy in locally advanced carcinoma of the prostate: the Radiation Therapy Oncology Group Protocol 92-02.** *J Clin Oncol* 2003; 21: 3972 8..
- [226] Catalona WJ, Smith DS, Ornstein DK. **Prostate cancer detection in men with serum PSA concentrations of 2.6 to 4.0 ng/mL and benign prostate examination. Enhancement of specificity with free PSA measurements.** *JAMA* 1997; 277: 1452 5.
- [227] Nash AF, Melezinek I. **The role of prostate specific antigen measurement in the detection and management of prostate cancer.** *Endocr Relat Cancer* 2000; 7: 37 51.
- [228] Edge S, Byrd DR, Compton CC, Fritz AG, Greene FL, Trotti A. **AJCC Cancer Staging Handbook: From the AJCC Cancer Staging Manual.** Springer, New York; 2010.
- [229] D'Amico AV, Whittington R, Malkowicz SB, *et al.* **Biochemical outcome after radical prostatectomy, external beam radiation therapy, or interstitial radiation therapy for clinically localized prostate cancer.** *JAMA* 1998; 280: 969 74.
- [230] Mohler JL, Armstrong AJ, Bahnson RR, *et al.* **Prostate Cancer. Version 3.2010.** *NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology*; 2010.
- [231] Kitamura K, Shirato H, Seppenwoolde Y, *et al.* **Three-dimensional intrafractional movement of prostate measured during real-time tumor-tracking radiotherapy in supine and prone treatment positions.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 1117 23.
- [232] Bayley AJ, Catton CN, Haycocks T, *et al.* **A randomized trial of supine vs. prone positioning in patients undergoing escalated dose conformal radiotherapy for prostate cancer.** *Radiother Oncol* 2004; 70: 37 44.
- [233] Steenbakkers RJ, Duppen JC, Betgen A, *et al.* **Impact of knee support and shape of tabletop on rectum and prostate position.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 60: 1364 72.
- [234] Boehmer D, Maingon P, Poortmans P, *et al.* **Guidelines for primary radiotherapy of patients with prostate cancer.** *Radiother Oncol* 2006; 79: 259 69.
- [235] Zapatero A, García-Vicente F, Modolell I, *et al.* **Impact of mean rectal dose on late rectal bleeding after conformal radiotherapy for prostate cancer: dose-volume effect.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 59: 1343 51.

- [236] Ganswindt U, Paulsen F, Anastasiadis AG, Stenzl A, Bamberg M, Belka C. **70 Gy or more: which dose for which prostate cancer?.** *J Cancer Res Clin Oncol* 2005; 131: 407 19.
- [237] Partin AW, Mangold LA, Lamm DM, Walsh PC, Epstein JI, Pearson JD. **Contemporary update of prostate cancer staging nomograms (Partin Tables) for the new millennium.** *Urology* 2001; 58: 843 8.
- [238] Kestin L, Goldstein N, Vicini F, Yan D, Korman H, Martinez A. **Treatment of prostate cancer with radiotherapy: should the entire seminal vesicles be included in the clinical target volume?.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 54: 686 97.
- [239] Zelefsky MJ, Fuks Z, Hunt M, *et al.* **High dose radiation delivered by intensity modulated conformal radiotherapy improves the outcome of localized prostate cancer.** *J Urol* 2001; 166: 876 81.
- [240] Pollack A, Zagars GK, Starkschall G, *et al.* **Prostate cancer radiation dose response: results of the M. D. Anderson phase III randomized trial.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 1097 105.
- [241] Zelefsky MJ, Fuks Z, Hunt M, *et al.* **High-dose intensity modulated radiation therapy for prostate cancer: early toxicity and biochemical outcome in 772 patients.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 1111 6.
- [242] Hanks GE, Hanlon AL, Epstein B, Horwitz EM. **Dose response in prostate cancer with 8-12 years' follow-up.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 54: 427 35.
- [243] Kupelian P, Kuban D, Thames H, *et al.* **Improved biochemical relapse-free survival with increased external radiation doses in patients with localized prostate cancer: the combined experience of nine institutions in patients treated in 1994 and 1995.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 61: 415 9.
- [244] Al-Mamgani A, Heemsbergen WD, Levendag PC, Lebesque JV. **Subgroup analysis of patients with localized prostate cancer treated within the Dutch-randomized dose escalation trial.** *Radiother Oncol* 2010; 96: 13 8.
- [245] Chao KK, Goldstein NS, Yan D, *et al.* **Clinicopathologic analysis of extracapsular extension in prostate cancer: should the clinical target volume be expanded posterolaterally to account for microscopic extension?.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 65: 999 1007.
- [246] Speight JL, Roach M 3rd. **Radiotherapy in the management of clinically localized prostate cancer: evolving standards, consensus, controversies and new directions.** *J Clin Oncol* 2005; 23: 8176 85.

- [247] Pan CC, Kim KY, Taylor JM, McLaughlin PW, Sandler HM. **Influence of 3D-CRT pelvic irradiation on outcome in prostate cancer treated with external beam radiotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 1139 45.
- [248] Robnett TJ, Whittington R, Malkowicz SB, *et al.* **Long-term use of combined radiation therapy and hormonal therapy in the management of stage D1 prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002;53: 1146 51.
- [249] Roach M 3rd, DeSilvio M, Lawton C, *et al.* **Phase III trial comparing whole-pelvic versus prostate-only radiotherapy and neoadjuvant versus adjuvant combined androgen suppression: Radiation Therapy Oncology Group 9413.** *J Clin Oncol* 2003; 21: 1904 11.
- [250] Vaarkamp J, Adams EJ, Warrington AP, Dearnaley DP. **A comparison of forward and inverse planned conformal, multi segment and intensity modulated radiotherapy for the treatment of prostate and pelvic nodes.** *Radiother Oncol* 2004; 73: 65 72.
- [251] Roach M 3rd, DeSilvio M, Valicenti R, *et al.* **Whole-pelvis, “mini-pelvis”, or prostate-only external beam radiotherapy after neoadjuvant and concurrent hormonal therapy in patients treated in the Radiation Therapy Oncology Group 9413 trial.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 66: 647 53.
- [252] Bader P, Burkhard FC, Markwalder R, Studer UE. **Disease progression and survival of patients with positive lymph nodes after radical prostatectomy. Is there a chance of cure?.** *J Urol* 2003; 169: 849 54.
- [253] Lawton CA, Winter K, Grignon D, Pilepich MV. **Androgen suppression plus radiation versus radiation alone for patients with stage D1/pathologic node-positive adenocarcinoma of the prostate: updated results based on national prospective randomized trial Radiation Therapy Oncology Group 85-31.** *J Clin Oncol* 2005; 23: 800 7.
- [254] Messing EM, Manola J, Yao J, *et al.* **Immediate versus deferred androgen deprivation treatment in patients with node-positive prostate cancer after radical prostatectomy and pelvic lymphadenectomy.** *Lancet Oncol* 2006; 7:472 9.
- [255] Lawton CA, DeSilvio M, Roach M 3rd, *et al.* **An update of the phase III trial comparing whole pelvic to prostate only radiotherapy and neoadjuvant to adjuvant total androgen suppression: updated analysis of RTOG 94-13, with emphasis on unexpected hormone/radiation interactions.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 69: 646 55.
- [256] Nutting CM, Convery DJ, Cosgrove VP, *et al.* **Reduction of small and large bowel irradiation using an optimized intensity-modulated pelvic radiot-**

- herapy technique in patients with prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 48: 649–56.
- [257] Lawton CA, Michalski J, El-Naqa I, *et al.* **RTOG GU Radiation oncology specialists reach consensus on pelvic lymph node volumes for high-risk prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009; 74: 383–7.
- [258] Adams EJ, Convery DJ, Cosgrove VP, *et al.* **Clinical implementation of dynamic and step-and-shoot IMRT to treat prostate cancer with high risk of pelvic lymph node involvement.** *Radiother Oncol* 2004; 70: 1–10.
- [259] Antolak JA, Rosen II, Childress CH, Zagars GK, Pollack A. **Prostate target volume variations during a course of radiotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998; 42: 661–72.
- [260] ICRU. **Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50). ICRU Report 62.** *International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) Bethesda, MD; 1999.*
- [261] Speight JL, Roach M 3rd. **Advances in the treatment of localized prostate cancer: the role of anatomic and functional imaging in men managed with radiotherapy.** *J Clin Oncol* 2007; 25: 987–95.
- [262] Wang-Chesebro A, Xia P, Coleman J, Akazawa C, Roach M 3rd. **Intensity-modulated radiotherapy improves lymph node coverage and dose to critical structures compared with three-dimensional conformal radiation therapy in clinically localized prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 66: 654–62.
- [263] Marks LB, Yorke ED, Jackson A, *et al.* **Use of normal tissue complication probability models in the clinic.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010; 76: S10–9.
- [264] Pound CR, Partin AW, Eisenberger MA, Chan DW, Pearson JD, Walsh PC. **Natural history of progression after PSA elevation following radical prostatectomy.** *JAMA* 1999; 281: 1591–7.
- [265] Taylor N, Kelly JF, Kuban DA, Babaian RJ, Pisters LL, Pollack A. **Adjuvant and salvage radiotherapy after radical prostatectomy for prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 755–63.
- [266] Stephenson AJ, Shariat SF, Zelefsky MJ, *et al.* **Salvage radiotherapy for recurrent prostate cancer after radical prostatectomy.** *JAMA* 2004; 291: 1325–32.
- [267] Poortmans P, Bossi A, Vandeputte K, *et al.* **Guidelines for target volume definition in post-operative radiotherapy for prostate cancer, on behalf of the EORTC Radiation Oncology Group.** *Radiother Oncol* 2007; 84: 121–7.

- [268] Hayes SB, Pollack A. **Parameters for treatment decisions for salvage radiation therapy.** *J Clin Oncol* 2005; 23: 8204 11.
- [269] Scattoni V, Montorsi F, Picchio M, *et al.* **Diagnosis of local recurrence after radical prostatectomy.** *BJU Int* 2004; 93: 680 8.
- [270] Monti CR, Nakamura RA, Ferrigno R, Rossi A Jr, Kawakami NS, Trevisan FA. **Salvage conformal radiotherapy for biochemical recurrent prostate cancer after radical prostatectomy.** *Int Braz J Urol* 2006; 32: 416 26.
- [271] De Meerleer GO, Vakaet LA, De Gersem WR, De Wagter C, De Naeyer B, De Neve W. **Radiotherapy of prostate cancer with or without intensity modulated beams: a planning comparison.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 47: 639 48.
- [272] Fiorino C, Broggi S, Corletto D, Cattaneo GM, Calandrino R. **Conformal irradiation of concave-shaped PTVs in the treatment of prostate cancer by simple 1D intensity-modulated beams.** *Radiother Oncol* 2000; 55: 49 58.
- [273] Zelefsky MJ, Fuks Z, Happersett L, *et al.* **Clinical experience with intensity modulated radiation therapy (IMRT) in prostate cancer.** *Radiother Oncol* 2000; 55: 241 9.
- [274] Leibel SA, Fuks Z, Zelefsky MJ, *et al.* **Technological advances in external-beam radiation therapy for the treatment of localized prostate cancer.** *Semin Oncol* 2003; 30: 596 615.
- [275] Luxton G, Hancock SL, Boyer AL. **Dosimetry and radiobiologic model comparison of IMRT and 3D conformal radiotherapy in treatment of carcinoma of the prostate.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 59: 267 84.
- [276] De Meerleer G, Vakaet L, Meersschout S, *et al.* **Intensity-modulated radiotherapy as primary treatment for prostate cancer: acute toxicity in 114 patients.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 60: 777 87.
- [277] South CP, Khoo VS, Naismith O, Norman A, Dearnaley DP. **A comparison of treatment planning techniques used in two randomised UK external beam radiotherapy trials for localised prostate cancer.** *Clin Oncol* 2008; 20: 15 21.
- [278] Shipley WU, Verhey LJ, Munzenrider JE. **Advanced prostate cancer: the results of a randomized comparative trial of high dose irradiation boosting with conformal protons compared with conventional dose irradiation using photons alone.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995; 32: 3 12.
- [279] Pollack A, Zagars GK, Smith LG, *et al.* **Preliminary results of a randomized radiotherapy dose-escalation study comparing 70 Gy with 78 Gy for prostate cancer.** *J Clin Oncol* 2000; 18: 3904 11.

- [280] Zietman AL, DeSilvio ML, Slater JD, *et al.* **Comparison of conventional-dose vs high-dose conformal radiation therapy in clinically localized adenocarcinoma of the prostate: a randomized controlled trial.** *JAMA* 2005; 294: 1233 9.
- [281] Peeters ST, Heemsbergen WD, Koper PC, *et al.* **Dose-response in radiotherapy for localized prostate cancer: results of the Dutch multicenter randomized phase III trial comparing 68 Gy of radiotherapy with 78 Gy.** *J Clin Oncol* 2006; 24: 1990 6.
- [282] Dearnaley DP, Sydes MR, Graham JD, *et al.* **Escalated-dose versus standard-dose conformal radiotherapy in prostate cancer: first results from the MRC RT01 randomised controlled trial.** *Lancet Oncol* 2007; 8: 475 87.
- [283] Kuban DA, Tucker SL, Dong L, *et al.* **Long-term results of the M. D. Anderson randomized dose-escalation trial for prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 70: 67 74.
- [284] Al-Mamgani A, van Putten WL, Heemsbergen WD, *et al.* **Update of Dutch multicenter dose-escalation trial of radiotherapy for localized prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 72: 980 8.
- [285] Trofimov A, Nguyen PL, Coen JJ, *et al.* **Radiotherapy treatment of early-stage prostate cancer with IMRT and protons: a treatment planning comparison.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 69: 444 53.
- [286] Zelefsky MJ, Levin EJ, Hunt M, *et al.* **Incidence of late rectal and urinary toxicities after three-dimensional conformal radiotherapy and intensity-modulated radiotherapy for localized prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 70: 1124 9.
- [287] Cahlon O, Zelefsky MJ, Shippy A, *et al.* **Ultra-high dose (86.4 Gy) IMRT for localized prostate cancer: toxicity and biochemical outcomes.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 71: 330 7.
- [288] Al-Mamgani A, Heemsbergen WD, Peeters ST, Lebesque JV. **Role of intensity-modulated radiotherapy in reducing toxicity in dose escalation for localized prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009; 73: 685 91.
- [289] Hanks GE, Hanlon AL, Schultheiss TE, *et al.* **Dose escalation with 3D conformal treatment: five year outcomes, treatment optimization, and future directions.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998; 41: 501 10.
- [290] Huang E, Dong L, Chandra A, *et al.* **Intrafraction prostate motion during IMRT for prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 261 8.

- [291] Happersett L, Mageras GS, Zelefsky MJ, *et al.* **A study of the effects of internal organ motion on dose escalation in conformal prostate treatments.** *Radiother Oncol* 2003; 66: 263–70.
- [292] Orton NP, Tomé WA. **The impact of daily shifts on prostate IMRT dose distributions.** *Med Phys* 2004; 31: 2845–8.
- [293] Peng C, Ahunbay E, Chen G, Anderson S, Lawton C, Li XA. **Characterizing interfraction variations and their dosimetric effects in prostate cancer radiotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011; 79: 909–14.
- [294] Schild SE, Casale HE, Bellefontaine LP. **Movements of the prostate due to rectal and bladder distension: implications for radiotherapy.** *Med Dosim* 1993; 18: 13–5.
- [295] Beard CJ, Kijewski P, Bussi  re M, *et al.* **Analysis of prostate and seminal vesicle motion: implications for treatment planning.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996; 34: 451–8.
- [296] Valicenti RK, Sweet JW, Hauck WW, *et al.* **Variation of clinical target volume definition in three-dimensional conformal radiation therapy for prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999; 44: 931–5.
- [297] Chandra A, Dong L, Huang E, *et al.* **Experience of ultrasound-based daily prostate localization.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 436–47.
- [298] Britton KR, Takai Y, Mitsuya M, Nemoto K, Ogawa Y, Yamada S. **Evaluation of inter- and intrafraction organ motion during intensity modulated radiation therapy (IMRT) for localized prostate cancer measured by a newly developed on-board image-guided system.** *Radiat Med* 2005; 23: 14–24.
- [299] Byrne TE. **A review of prostate motion with considerations for the treatment of prostate cancer.** *Med Dosim* 2005; 30: 155–61.
- [300] Deurloo KE, Steenbakkers RJ, Zijp LJ, *et al.* **Quantification of shape variation of prostate and seminal vesicles during external beam radiotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 61: 228–38.
- [301] Wu Q, Ivaldi G, Liang J, Lockman D, Yan D, Martinez A. **Geometric and dosimetric evaluations of an online image-guidance strategy for 3D-CRT of prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 64: 1596–609.
- [302] Nichol AM, Brock KK, Lockwood GA, *et al.* **A magnetic resonance imaging study of prostate deformation relative to implanted gold fiducial markers.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 67: 48–56.

- [303] Peng C, Kainz K, Lawton C, Li XA. **A comparison of daily megavoltage CT and ultrasound image guided radiation therapy for prostate cancer.** *Med Phys* 2008; 35: 5619–28.
- [304] Kerkhof EM, van der Put RW, Raaymakers BW, van der Heide UA, van Vulpen M, Lagendijk JJ. **Variation in target and rectum dose due to prostate deformation: an assessment by repeated MR imaging and treatment planning.** *Phys Med Biol* 2008; 53: 5623–34.
- [305] van der Wielen GJ, Mutanga TF, Incrocci L, *et al.* **Deformation of prostate and seminal vesicles relative to intraprostatic fiducial markers.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 72: 1604–1611.
- [306] Crook JM, Raymond Y, Salhani D, Yang H, Esche B. **Prostate motion during standard radiotherapy as assessed by fiducial markers.** *Radiother Oncol* 1995; 37: 35–42.
- [307] Bel A, Vos PH, Rodrigus PT, *et al.* **High-precision prostate cancer irradiation by clinical application of an offline patient setup verification procedure, using portal imaging.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996; 35: 321–32.
- [308] Vigneault E, Pouliot J, Laverdière J, Roy J, Dorion M. **Electronic portal imaging device detection of radioopaque markers for the evaluation of prostate position during megavoltage irradiation: a clinical study.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1997; 37: 205–12.
- [309] Yan D, Lockman D, Brabbins D, Tyburski L, Martinez A. **An off-line strategy for constructing a patient-specific planning target volume in adaptive treatment process for prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 48: 289–302.
- [310] Wu J, Haycocks T, Alasti H, *et al.* **Positioning errors and prostate motion during conformal prostate radiotherapy using on-line isocentre set-up verification and implanted prostate markers.** *Radiother Oncol* 2001; 61: 127–33.
- [311] Craig T, Moiseenko V, Battista J, Van Dyk J. **The impact of geometric uncertainty on hypofractionated external beam radiation therapy of prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57: 833–42.
- [312] Millender LE, Aubin M, Pouliot J, Shinohara K, Roach M 3rd. **Daily electronic portal imaging for morbidly obese men undergoing radiotherapy for localized prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 59: 6–10.
- [313] Chung PW, Haycocks T, Brown T, *et al.* **On-line aSi portal imaging of implanted fiducial markers for the reduction of interfraction error during**

- conformal radiotherapy of prostate carcinoma.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 60: 329–34.
- [314] Ghilezan M, Yan D, Liang J, Jaffray D, Wong J, Martinez A. **Online image-guided intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer: How much improvement can we expect? A theoretical assessment of clinical benefits and potential dose escalation by improving precision and accuracy of radiation delivery.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 60: 1602–10.
- [315] Wong JR, Grimm L, Uematsu M, *et al.* **Image-guided radiotherapy for prostate cancer by CT-linear accelerator combination: prostate movements and dosimetric considerations.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 61: 561–9.
- [316] Song W, Schaly B, Bauman G, Battista J, Van Dyk J. **Image-guided adaptive radiation therapy (IGART): Radiobiological and dose escalation considerations for localized carcinoma of the prostate.** *Med Phys* 2005; 32: 2193–203.
- [317] Schaly B, Bauman GS, Song W, Battista JJ, Van Dyk J. **Dosimetric impact of image-guided 3D conformal radiation therapy of prostate cancer.** *Phys Med Biol* 2005; 50: 3083–101.
- [318] Song WY, Schaly B, Bauman G, Battista JJ, Van Dyk J. **Evaluation of image-guided radiation therapy (IGRT) technologies and their impact on the outcomes of hypofractionated prostate cancer treatments: a radiobiologic analysis.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 64: 289–300.
- [319] Zelefsky MJ, Kollmeier M, Cox B, *et al.* **Improved clinical outcomes with high-dose image guided radiotherapy compared with non-IGRT for the treatment of clinically localized prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2012; 84: 125–9.
- [320] Pinkawa M, Piroth MD, Holy R, *et al.* **Combination of dose escalation with technological advances (intensity-modulated and image-guided radiotherapy) is not associated with increased morbidity for patients with prostate cancer.** *Strahlenther Onkol* 2011; 187: 479–84.
- [321] Barney BM, Lee RJ, Handrahan D, Welsh KT, Cook JT, Sause WT. **Image-guided radiotherapy (IGRT) for prostate cancer comparing kV imaging of fiducial markers with cone beam computed tomography (CBCT).** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011; 80: 301–5.
- [322] Park SS, Yan D, McGrath S, *et al.* **Adaptive image-guided radiotherapy (IGRT) eliminates the risk of biochemical failure caused by the bias of rectal distension in prostate cancer treatment planning: clinical evidence.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2012; 83: 947–52.

- [323] Takeda K, Takai Y, Narazaki K, *et al.* **Treatment outcome of high-dose image-guided intensity-modulated radiotherapy using intra-prostate fiducial markers for localized prostate cancer at a single institute in Japan.** *Radiat Oncol* 2012; 7: 105.
- [324] Das S, Liu T, Jani AB, *et al.* **Comparison of image-guided radiotherapy technologies for prostate cancer.** *Am J Clin Oncol* 2014; 37: 616–23.
- [325] Sheets NC, Goldin GH, Meyer AM, *et al.* **Intensity-modulated radiation therapy, proton therapy, or conformal radiation therapy and morbidity and disease control in localized prostate cancer.** *JAMA* 2012; 307: 1611–20.
- [326] Thames HD Jr, Withers HR, Peters LJ, Fletcher GH. **Changes in early and late radiation responses with altered dose fractionation: implications for dose-survival relationships.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1982; 8: 219–26.
- [327] Barendsen GW. **Dose fractionation, dose rate and iso-effect relationships for normal tissue responses.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1982; 8: 1981–97.
- [328] Zeman EM, Bedford JS. **Changes in early and late effects with dose-per-fraction: alpha, beta, redistribution and repair.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1984; 10: 1039–47.
- [329] Thames HD, Bentzen SM, Turesson I, Overgaard M, Van den Bogaert W. **Time-dose factors in radiotherapy: a review of the human data.** *Radiother Oncol* 1990; 19: 219–35.
- [330] Joiner M, van der Kogel A. **Basic clinical radiobiology.** Hodder Arnold, London; 2009.
- [331] Thames HD, Suit HD. **Tumor radioresponsiveness versus fractionation sensitivity.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1986; 12: 687–91.
- [332] Bentzen SM, Overgaard J, Thames HD, *et al.* **Clinical radiobiology of malignant melanoma.** *Radiother Oncol* 1989; 16: 169–82.
- [333] Haustermans KM, Hofland I, Van Poppel H, *et al.* **Cell kinetic measurements in prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1997; 37: 1067–70.
- [334] Haustermans KM, Fowler JF. **A comment on proliferation rates in human prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 48: 303.
- [335] Brenner DJ, Hall EJ. **Fractionation and protraction for radiotherapy of prostate carcinoma.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999; 43: 1095–101.
- [336] Fowler J, Chappell R, Ritter M. **Is α/β for prostate tumors really low?.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 50: 1021–31.

- [337] King CR, Fowler JF. **A simple analytic derivation suggest that prostate cancer α/β ratio is low.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 51: 213 4.
- [338] Brenner DJ, Martinez AA, Edmunson GK, Mitchell C, Thames HD, Armour EP. **Direct evidence that prostate tumors show high sensitivity to fractionation (low α/β ratio), similar to late-responding normal tissue.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 52: 6 13.
- [339] Lukka H, Hayter C, Julian JA, *et al.* **Randomized trial comparing two fractionation schedules for patients with localized prostate cancer.** *J Clin Oncol* 2005; 23: 6132 8.
- [340] Proust-Lima C, Taylor JM, Sécher S, *et al.* **Confirmation of a low α/β ratio for prostate cancer treated by external beam radiation therapy alone using a post-treatment repeated-measures model for PSA dynamics.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011; 79: 195-201.
- [341] Miralbell R, Roberts SA, Zubizarreta E, Hendry JH. **Dose-fractionation sensitivity of prostate cancer deduced from radiotherapy outcomes of 5,969 patients in seven international institutional datasets: $\alpha/\beta = 1.4$ (0.9-2.2) Gy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2012; 82: e17 24.
- [342] Brenner DJ. **Toward optimal external-beam fractionation for prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 48: 315 6.
- [343] Logue JP, Cowan RA, Hendry JH. **Hypofractionation for prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 49: 1522 3.
- [344] Fowler JF, Chappell RJ, Ritter MA. **The prospects for new treatments for prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 52: 3 5.
- [345] Brenner DJ. **Hypofractionation for prostate cancer radiotherapy – what are the issues?** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57: 912 4.
- [346] Fowler JF, Ritter MA, Chappell RJ, Brenner DJ. **What hypofractionated protocols should be tested for prostate cancer?** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 1093 104.
- [347] Oliveira SM, Teixeira NJ, Fernandes L. **What do we know about the α/β for prostate cancer?.** *Med Phys* 2012; 39: 3189 201.
- [348] Tsai CL, Wu JK, Chao HL, Tsai YC, Cheng JC. **Treatment and dosimetric advantages between VMAT, IMRT, and helical tomotherapy in prostate cancer.** *Med Dosim* 2011; 36: 264 71.
- [349] Palma D, Vollaans E, James K, *et al.* **Volumetric modulated arc therapy for delivery of prostate radiotherapy: comparison with intensity-modulated**

- radiotherapy and three-dimensional conformal radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 72: 996–1001.
- [350] Kjaer-Kristoffersen F, Ohlhues L, Medin J, Korreman S. **RapidArc volumetric modulated therapy planning for prostate cancer patients.** *Acta Oncol* 2009; 48: 227–32.
- [351] Ost P, Speleers B, De Meerleer G, *et al.* **Volumetric arc therapy and intensity-modulated radiotherapy for primary prostate radiotherapy with simultaneous integrated boost to intraprostatic lesion with 6 and 18 MV: a planning comparison study.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011; 79: 920–6.
- [352] Hardcastle N, Tomé WA, Foo K, Miller A, Carolan M, Metcalfe P. **Comparison of prostate IMRT and VMAT biologically optimised treatment plans.** *Med Dosim* 2011; 36: 292–8.
- [353] Kopp RW, Duff M, Catalfamo F, Shah D, Rajeci M, Ahmad K. **VMAT vs. 7-field-IMRT: assessing the dosimetric parameters of prostate cancer treatment with a 292-patient sample.** *Med Dosim* 2011; 36: 365–72.
- [354] Wolff D, Stieler F, Welzel G, *et al.* **Volumetric modulated arc therapy (VMAT) vs. serial tomotherapy, step-and-shoot IMRT and 3D-conformal RT for treatment of prostate cancer.** *Radiother Oncol* 2009; 93: 226–33.
- [355] Yoo S, Wu QJ, Lee WR, Yin FF. **Radiotherapy treatment plans with RapidArc for prostate cancer involving seminal vesicles and lymph nodes.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010; 76: 935–42.
- [356] Teoh M, Clark CH, Wood K, Whitaker S, Nisbet A. **Volumetric modulated arc therapy: a review of current literature and clinical use in practice.** *Br J Radiol* 2011; 84: 967–96.
- [357] Davidson MT, Blake SJ, Batchelar DL, Cheung P, Mah K. **Assessing the role of volumetric modulated arc therapy (VMAT) relative to IMRT and helical tomotherapy in the management of localized, locally advanced, and post-operative prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011; 80: 1550–8.
- [358] Fogarty GB, Ng D, Liu G, Haydu LE, Bhandari N. **Volumetric modulated arc therapy is superior to conventional intensity modulated radiotherapy—a comparison among prostate cancer patients treated in an Australian centre.** *Radiat Oncol* 2011; 6: 108.
- [359] Clemente F, Perez-Vara C, Couselo M, *et al.* **Hypofractionated prostate treatment in a single VMAT arc.** *Med Phys* 2013; 40: 351.

- [360] Wu Q, Mohan R, Niemierko A, Schmidt-Ullrich R. **Optimization of intensity-modulated radiotherapy plans based on the equivalent uniform dose.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 52: 224–35.
- [361] Choi B, Deasy JO. **The generalized equivalent uniform dose function as a basis for intensity-modulated treatment planning.** *Phys Med Biol* 2002; 47: 3579–89.
- [362] Wu Q, Djajaputra D, Wu Y, Zhou J, Liu HH, Mohan R. **Intensity-modulated radiotherapy optimization with gEUD-guided dose-volume objectives.** *Phys Med Biol* 2003; 48: 279–91.
- [363] Thieke C, Bortfeld T, Niemierko A, Nill S. **From physical dose constraints to equivalent uniform dose constraints in inverse radiotherapy planning.** *Med Phys* 2003; 30: 2332–9.
- [364] Semenenko VA, Reitz B, Day E, Qi XS, Miften M, Li XA. **Evaluation of a commercial biologically based IMRT treatment planning system.** *Med Phys* 2008; 35: 5851–60.
- [365] Fippel M. **Fast Monte Carlo dose calculation for photon beams based on the VMC electron algorithm.** *Med Phys* 2004; 26: 1466–75.
- [366] Chui CS, Spirou S, LoSasso T. **Testing of dynamic multileaf collimation.** *Med Phys* 1996; 23: 635–41.
- [367] Hansen VN, Evans PM, Budgell GJ, *et al.* **Quality assurance of the dose delivered by small radiation segments.** *Phys Med Biol* 1998; 43: 2665–75.
- [368] Bedford JL, Warrington AP. **Commissioning of volumetric modulated arc therapy (VMAT).** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009; 73: 537–45.
- [369] Cao D, Rao M, Chen F, Ye J, Luan S, Shepard D. **A novel approach to machine specific QA for volumetric modulated arc therapy.** *Med Phys* 2009; 36: 2571.
- [370] Korreman S, Medin J, Kjaer-Kristoffersen F. **Dosimetric verification of RapidArc treatment delivery.** *Acta Oncol* 2009; 48: 185–91.
- [371] Bhagwat MS, Han Z, Ng SK, Zygmanski P. **An oscillating sweeping gap test for VMAT quality assurance.** *Phys Med Biol* 2010; 55: 5029–44.
- [372] Pinza Molina C, Lliso Valverde F. **Protocolo de control de calidad en aceleradores de electrones para uso médico.** *SEFM, Madrid*; 2009.
- [373] Clemente F. **Experiencia clínica del Hospital Central de la Defensa “Gómez Ulla”.** En: *“Experiencia clínica en VMAT-IMRT: Avances en oncología radioterápica”.* Croasa, Málaga; 2011.

- [374] Clemente Gutierrez F, Cabello Murillo E, Ramirez Ros JC, *et al.* **Quality assurance of beam geometry for VMAT treatments.** *Radiother Oncol* 2011; 99: S536-7.
- [375] Clemente Gutiérrez F, Ramírez Ros JC, Cabello Murillo E, de la Casa de Julián MA. **Control de calidad en la geometría del haz de una unidad de arcoterapia volumétrica modulada.** *Actas del XVIII congreso de la SEFM, XIII congreso de la SEPR. Sevilla; 2011. Rev Fis Med* 2011; 12: 117.
- [376] Clemente Gutiérrez F, Cabello Murillo E, Ramírez Ros JC, de la Casa de Julián MA. **Medida de dosis absorbida absoluta con un array de cámaras de ionización como parte de un procedimiento rutinario de control de calidad para la técnica VMAT.** *Actas del XVIII congreso de la SEFM, XIII congreso de la SEPR. Sevilla; 2011. Rev Fis Med* 2011; 12: 118.
- [377] Delgado Rodríguez JM, García Vicente F, Millán Cebrián E. **Protocolo para el control de calidad en sistemas de planificación de terapia con radiaciones ionizantes.** *SEFM, Madrid; 2005.*
- [378] Clemente Gutierrez F, Ramirez Ros JC, de la Casa de Julian MA, *et al.* **Dosimetric validation of a commercial VMAT planning system: absolute dose and output factors.** *Radiother Oncol* 2011; 99: S534-5.
- [379] Clemente Gutiérrez F, Cabello Murillo E, Ramírez Ros JC, de la Casa de Julián MA. **Validación dosimétrica de un sistema de planificación comercial VMAT: dosis absoluta y factores de campo.** *Actas del XVIII congreso de la SEFM, XIII congreso de la SEPR. Sevilla; 2011. Rev Fis Med* 2011; 12: 353.
- [380] McCormack S, Diffey J, Morgan A. **The effect of gantry angle on megavoltage photon beam attenuation by a carbon fiber couch insert.** *Med Phys* 2005; 32: 483-7.
- [381] Poppe B, Chofer N, Ruhmann A, *et al.* **The effect of a carbon-fiber couch on the depth-dose curves and transmission properties for megavoltage photon beams.** *Strahlenther Onkol* 2007; 183: 43-8.
- [382] Vanetti E, Nicolini G, Clivio A, Fogliata A, Cozzi L. **The impact of treatment couch modelling on RapidArc.** *Phys Med Biol* 2009; 54: N157-66.
- [383] Feygelman V, Zhang G, Stevens C. **Initial dosimetric evaluation of SmartArc – a novel VMAT treatment planning module implemented in a multi-vendor delivery chain.** *J Appl Clin Med Phys* 2010; 11: 3169.
- [384] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Prieto Villacorta M. **Modelado del tablero en un sistema de planificación para tratamientos de arcoterapia volumétrica modulada.** *Actas del III congreso conjunto SEFM/SEPR. Cáceres; 2013: 370.*

- [385] Smith DW, Christophides D, Dean C, Naisbit M, Mason J, Morgan A. **Dosimetric characterization of the iBEAM evo carbon fiber couch for radiotherapy.** *Med Phys* 2010; 37: 3595 606.
- [386] Bissonnette J, Moseley D, Jaffray D. **A quality assurance program for image quality of cone-beam CT guidance in radiation therapy.** *Med Phys* 2008; 35: 1807 15.
- [387] Lizuain M, Capuz A, Crispin V, *et al.* **La radioterapia guiada por la imagen.** *Rev Fis Med* 2008; 9: 113 126.
- [388] Bissonnette J, Balter P, Dong L, *et al.* **Quality assurance for image-guided radiation therapy utilizing CT-based technologies: a report of the AAPM TG-179.** *Med Phys* 2012; 39: 1946 63.
- [389] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Prieto Villacorta M. **Un método sencillo para el control de calidad del isocentro del sistema cone-beam CT para un acelerador Elekta Synergy.** *Actas del III congreso conjunto SEFM/SEPR. Cáceres; 2013: 360.*
- [390] Mohan R, Wu Q, Manning M, Schmidt-Ullrich R. **Radiobiological considerations in the design of fractionation strategies for intensity-modulated radiation therapy of head and neck cancers.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 46: 619 30.
- [391] Bos LJ, Damen EM, de Boer RW, *et al.* **Reduction of rectal dose by integration of the boost in the large-field treatment plan for prostate irradiation.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 52: 254 65.
- [392] Li XA, Wang JZ, Jursinic PA, Lawton CA, Wang D. **Dosimetric advantages of IMRT simultaneous integrated boost for high-risk prostate cancer.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 61: 1251 7.
- [393] Kupelian PA, Thakkar VV, Khuntia D, Reddy CA, Klein EA, Mahadevan A. **Hypofractionated intensity-modulated radiotherapy (70 Gy at 2.5 Gy per fraction) for localized prostate cancer: long-term outcomes.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 63: 1463 8.
- [394] Kupelian PA, Willoughby TR, Reddy CA, Klein EA, Mahadevan A. **Hypofractionated intensity-modulated radiotherapy (70 Gy at 2.5 Gy per fraction) for localized prostate cancer: Cleveland Clinic experience.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 68: 1424 30.
- [395] Deore SM, Shrivastava SK, Supe SJ, Viswanathan PS, Dinshaw KA. **Alpha/-beta value and importance of dose per fraction for the late rectal and recto-sigmoid complications.** *Strahlenther Onkol* 1993; 169: 521 6.

- [396] Michalski JM, Gay H, Jackson A, Tucker SL, Deasy JO. **Radiation dose-volume effects in radiation-induced rectal injury.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010; 76: S123 9.
- [397] Marks LB, Carroll PR, Dugan TC, Anscher MS. **The response of the urinary bladder, urethra, and ureter to radiation and chemotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995; 31: 1257 80.
- [398] Samper Ots P, Clemente Gutiérrez F, López Carrizosa MC, *et al.* **VMAT in the treatment of prostate cancer.** *Radiother Oncol* 2012; 103: S429.
- [399] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Prieto Villacorta M. **Tratamiento hipofraccionado de próstata mediante arcoterapia volumétrica modulada.** *Actas del III congreso conjunto SEFM/SEPR. Cáceres; 2013: 371.*
- [400] Clemente Gutiérrez F, Samper Ots P, Pérez Vara C, *et al.* **Hypofractionated prostate treatment in a single VMAT arc.** *Rep Pract Oncol Radiother* 2013; 18: S373 4.
- [401] Létourneau D, Martinez AA, Lockman D, *et al.* **Assessment of residual error for online cone-beam CT-guided treatment of prostate cancer patients.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 62: 1239 46.
- [402] Meyer JL. **IMRT, IGRT, SBRT: Advances in the treatment planning and delivery of radiotherapy.** Karger, Basel (Switzerland); 2011.
- [403] Adamson J, Wu Q, Yan D. **Dosimetric effect of intrafraction motion and residual setup error for hypofractionated prostate intensity-modulated radiotherapy with online cone beam computed tomography image guidance.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011; 80: 453 61.
- [404] Huang K, Palma DA, Scott D, *et al.* **Inter- and intrafraction uncertainty in prostate bed image-guided radiotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2012; 84: 402 7.
- [405] Mayyas E, Chetty IJ, Chetvertkov M, *et al.* **Evaluation of multiple image-based modalities for image-guided radiation therapy (IGRT) of prostate carcinoma: a prospective study.** *Med Phys* 2013; 40: 041707.
- [406] Khalifa J, Commandeur F, Bachaud JM, de Crevoisier R. **Choice of optimal margins in prostate conformal radiotherapy.** *Cancer Radiother* 2013; 17: 461 9.
- [407] Oehler C, Lang S, Dimmerling P, *et al.* **PTV margin definition in hypofractionated IGRT of localized prostate cancer using cone beam CT and orthogonal image pairs with fiducial markers.** *Radiat Oncol* 2014; 9: 229.

- [408] Emami B, Lyman J, Brown A, *et al.* **Tolerance of normal tissue to therapeutic irradiation.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 21: 109–22.
- [409] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Clavo Herranz M. **Criterios QUANTEC aplicados al tratamiento de la patología prostática mediante arcoterapia volumétrica modulada (VMAT).** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 136.*
- [410] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **Análisis del tiempo de tratamiento de pacientes de próstata tratados mediante arcoterapia volumétrica modulada.** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 145.*
- [411] Clemente Gutierrez F, Perez Vara C, Prieto Villacorta M, *et al.* **Patient-specific QA for VMAT treatments based on 2D ion chamber arrays.** *Radiother Oncol* 2012; 103: S527–8.
- [412] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C, Prieto Villacorta M, Fernández Ruiz ML, Ruiz Prados M. **Empleo de matrices bidimensionales de cámaras de ionización en la verificación de tratamientos de arcoterapia volumétrica modulada.** *Rev Fis Med* 2013; 14: 11–20.
- [413] Amerio S, Boriani A, Bourhaleb F, *et al.* **Dosimetric characterization of a large area pixel-segmented ionization chamber.** *Med Phys* 2004; 31: 414–20.
- [414] Martín Martín¹ G, Díaz Fuentes R, Fernández Letón P, *et al.* **Caracterización de un array 2D de cámaras de ionización para la verificación de campos de IMRT.** *Rev Fis Med* 2006; 7: 68–76.
- [415] Dobler B, Streck N, Klein E, Loeschel R, Haertl P, Koelbl O. **Hybrid plan verification for intensity-modulated radiation therapy (IMRT) using the 2D ionization chamber array I'mRT MatriXX—a feasibility study.** *Phys Med Biol* 2010; 55: N39–55.
- [416] Wolfsberger LD, Wagar M, Nitsch P, Bhagwat MS, Zygmanski P. **Angular dose dependence of Matrixx TM and its calibration.** *J Appl Clin Med Phys* 2010; 11: 3057.
- [417] Boggula R, Birkner M, Lohr F, Steil V, Wenz F, Wertz H. **Evaluation of a 2D detector array for patient-specific VMAT QA with different setups.** *Phys Med Biol* 2011; 56: 7163–77.
- [418] Clemente F, Perez C. **3D GPU-accelerated secondary checks of radiation therapy treatment plans.** *Med Phys* 2014; 41: 222.
- [419] Clemente F, Perez C. **Comparison of 2D and 3D gamma analysis in patient-specific QA for prostate VMAT plans.** *Med Phys* 2014; 41: 239.

- [420] Clemente Gutierrez F, Perez Vara C. **3D secondary verifications for VMAT prostate treatments based in DVH-metrics and 3D gamma analysis.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2014; 90: S880.
- [421] Mackie TR, Scrimger JW, Battista JJ. **A convolution method of calculating dose for 15-MV x rays.** *Med Phys* 1985; 12: 188–96.
- [422] Mohan R, Chui C, Lidofsky L. **Energy and angular distributions of photons from medical linear accelerators.** *Med Phys* 1985; 12: 592–7.
- [423] Mackie TR, Bielajew AF, Rogers DW, Battista JJ. **Generation of photon energy deposition kernels using the EGS Monte Carlo code.** *Phys Med Biol* 1988; 33: 1–20.
- [424] Ahnesjö A. **Collapsed cone convolution of radiant energy for photon dose calculation in heterogeneous media.** *Med Phys* 1989; 16: 577–92.
- [425] Liu HH, Mackie TR, McCullough EC. **Correcting kernel tilting and hardening in convolution/superposition dose calculations for clinical divergent and polychromatic photon beams.** *Med Phys* 1997; 24: 1729–41.
- [426] Lu W, Olivera GH, Chen ML, Reckwerdt PJ, Mackie TR. **Accurate convolution/superposition for multi-resolution dose calculation using cumulative tabulated kernels.** *Phys Med Biol* 2005; 50: 655–80.
- [427] Jacques R, Taylor R, Wong J, McNutt T. **Towards real-time radiation therapy: GPU accelerated superposition/convolution.** *Comput Methods Programs Biomed* 2010; 98: 285–92.
- [428] Jacques R, Wong J, Taylor R, McNutt T. **Real-time dose computation: GPU-accelerated source modeling and superposition/convolution.** *Med Phys* 2011; 38: 294–305.
- [429] Chen Q, Chen M, Lu W. **Ultrafast convolution/superposition using tabulated and exponential kernels on GPU.** *Med Phys* 2011; 38: 1150–61.
- [430] Lee JW, Choi KS, Hong S, *et al.* **Effects of static dosimetric leaf gap on MLC-based small-beam dose distribution for intensity-modulated radiosurgery.** *J Appl Clin Med Phys* 2007; 8: 2397.
- [431] Mei X, Nygren I, Villarreal-Barajas JE. **On the use of the MLC dosimetric leaf gap as a quality control tool for accurate dynamic IMRT delivery.** *Med Phys* 2011; 38: 2246–55.
- [432] Huang J, Childress N, Kry S. **Calculation of high resolution and material-specific photon energy deposition kernels.** *Med Phys* 2012; 39: 3822.

- [433] Huang JY, Eklund D, Childress NL, *et al.* **Investigation of various energy deposition kernel refinements for the convolution/superposition method.** *Med Phys* 2013; 40: 121721.
- [434] **COMPASS User's Guide.** IBA; 2011.
- [435] Godart J, Korevaar EW, Visser R, Wauben DJ, Van't Veld AA. **Reconstruction of high-resolution 3D dose from matrix measurements: error detection capability of the COMPASS correction kernel method.** *Phys Med Biol* 2011; 56: 5029 43.
- [436] IAEA. **Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water.** IAEA Technical Report Series No. 398. Vienna: IAEA; 2006.
- [437] Clemente Gutierrez F, Perez Vara C. **Validation of a 3D dosimetric system using AAPM TG119 test suite.** *Radiother Oncol* 2014; 111: S575.
- [438] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **Aplicación del TG-119 de la AAPM al comisionado de sistemas de verificación 3D para el control de calidad de técnicas volumétricas.** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR.* Valencia; 2015: 145.
- [439] Siebers JV, Keall PJ, Nahum AE, Mohan R. **Converting absorbed dose to medium to absorbed dose to water for Monte Carlo based photon beam dose calculations.** *Phys Med Biol* 2000; 45: 983 95.
- [440] Liu HH, Keall P, Hendee WR. **Point/counterpoint: D_m rather than D_w should be used in Monte Carlo treatment planning.** *Med Phys* 2002; 29: 922 4.
- [441] Chetty IJ, Curran B, Cygler JE, *et al.* **Report of the AAPM Task Group No. 105: Issues associated with clinical implementation of Monte Carlo-based photon and electron external beam treatment planning.** *Med Phys* 2007; 34: 4818-53.
- [442] Ma CM, Li J. **Dose specification for radiation therapy: dose to water or dose to medium?** *Phys Med Biol* 2011; 56: 3073-89.
- [443] Clemente Gutierrez F, Perez Vara C, Clavo Herranz M, *et al.* **Commissioning radiobiological metrics for 3D patient-specific quality assurance.** *Radiother Oncol* 2015; 115: S802.
- [444] Okunieff P, Morgan D, Niemierko A, Suit HD. **Radiation dose-response of human tumors.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995; 32: 1227 37.

- [445] Stavrev P, Stavreva N, Niemierko A, Goitein M. **Generalization of a model of tissue response to radiation based on the idea of functional subunits and binomial statistics.** *Phys Med Biol* 2001; 46: 1501 18.
- [446] Stavreva N, Stavrev P, Warkentin B, Fallone BG. **Derivation of the expression for γ_{50} and D_{50} for different individual TCP and NTCP models.** *Phys Med Biol* 2002; 47: 3591 604.
- [447] Warkentin B, Stavrev P, Stavreva N, Field C, Fallone BG. **A TCP-NTCP estimation module using DVHs and known radiobiological models and parameter sets.** *J Appl Clin Med Phys* 2004; 5: 50 63.
- [448] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **Aplicación para la evaluación de histogramas dosis - volumen y parámetros radiobiológicos para el sistema de planificación Monaco.** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 133.*
- [449] Deacon J, Peckham MJ, Steel GG. **The radioresponsiveness of human tumors and the initial slope of the cell survival curve.** *Radiother Oncol* 1984; 2: 317 23.
- [450] Cheung R, Tucker SL, Dong L, Kuban D. **Dose-response for biochemical control among high-risk prostate cancer patients after external beam radiotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 1234 40.
- [451] Cheung R, Tucker SL, Lee AK, *et al.* **Dose-response characteristics of low- and intermediate-risk prostate cancer treated with external beam radiotherapy.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 61: 993 1002.
- [452] King CR, Kapp DS. **Radiotherapy after prostatectomy: is the evidence for dose escalation out there?** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 71: 346 50.
- [453] Levegrün S, Jackson A, Zelefsky MJ, *et al.* **Risk group dependence of dose-response for biopsy outcome after three-dimensional conformal radiation therapy of prostate cancer.** *Radiother Oncol* 2002; 63: 11 26.
- [454] Burman C, Kutcher GJ, Emami B, Goitein M. **Fitting of normal tissue tolerance data to an analytic function.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 21: 123 35.
- [455] Stavrev P, Niemierko A, Stavreva N, Goitein M. **The application of biological models to clinical data.** *Phys Med* 2001; 17: 1 12.
- [456] Huang E, Teh BS, Strother DR, *et al.* **Intensity-modulated radiation therapy for pediatric medulloblastoma: early report on the reduction of ototoxicity.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 52: 599 605.

- [457] Lee TF, Chao PJ, Ting HM, *et al.* **Comparative analysis of SmartArc-based dual arc volumetric-modulated arc radiotherapy (VMAT) versus intensity-modulated radiotherapy (IMRT) for nasopharyngeal carcinoma.** *J Appl Clin Med Phys* 2011; 12: 3587.
- [458] Grofsmid D, Dirkx M, Marijnissen H, Woudstra E, Heijmen B. **Dosimetric validation of a commercial Monte Carlo based IMRT planning system.** *Med Phys* 2010; 37: 540 9.
- [459] Alshaikhi J. **Influence on different Monte-Carlo variances at the dose calculation and the impact to the commissioning.** *Thesis. Medical Faculty Mannheim. Ruprecht Karls University, Heidelberg; 2010.*
- [460] Poppe B, Djouguela A, Blechschmidt A, Willborn K, Rühmann A, Harder D. **Spatial resolution of 2D ionization chamber arrays for IMRT dose verification: single-detector size and sampling step width.** *Phys Med Biol* 2007; 52: 2921 35.
- [461] Cadman PF. **Comment on ‘IMRT commissioning: some causes for concern’.** *Med Phys* 2011; 38: 4464 5.
- [462] Low DA, Morele D, Chow P, Dou TH, Ju T. **Does the gamma dose distribution comparison technique default to the distance to agreement test in clinical dose distributions?.** *Med Phys* 2013; 40: 071722.
- [463] Nelms BE, Chan MF, Jarry G, *et al.* **Evaluating IMRT and VMAT dose accuracy: practical examples of failure to detect systematic errors when applying a commonly used metric and action levels.** *Med Phys* 2013; 40: 111722.
- [464] Nelms BE, Opp D, Robinson J, *et al.* **VMAT QA: measurement-guided 4D dose reconstruction on a patient.** *Med Phys* 2012; 39: 4228 38.
- [465] Mynampati DK, Yarpalvi R, Hong L, Kuo HC, Mah D. **Application of AAPM TG 119 to volumetric arc therapy (VMAT).** *J Appl Clin Med Phys* 2012; 13: 108 16.
- [466] Boggula R, Jahnke L, Wertz H, Lohr F, Wenz F. **Patient-specific 3D pre-treatment and potential 3D online dose verification of Monte Carlo-calculated IMRT prostate treatment plans.** *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011; 81: 1168 75.
- [467] Clemente Gutiérrez F, Pérez Vara C. **NTCP en tratamientos hipofraccionados de próstata de alto riesgo: variación entre dos modelos.** *Actas del IV congreso conjunto SEFM/SEPR. Valencia; 2015: 139.*
- [468] Zhen H. **Improving patient-specific pre-treatment quality assurance.** *Ph.D. Thesis. University of Wisconsin, Madison; 2012.*

-
- [469] Harms WB, Low DA, Wong JW, Purdy JA. **A software tool for the quantitative evaluation of 3D dose calculation algorithms.** *Med Phys* 1998; 25: 1830-6.
- [470] Withers HR, Thames HD Jr, Peters LJ. **A new isoeffect curve for change in dose per fraction.** *Radiother Oncol* 1983; 1: 187-91.
- [471] Fowler JF. **The first James Kirk memorial lecture. What next in fractionated radiotherapy?.** *Br J Cancer Suppl* 1984; 6: 285-300.
- [472] Thames HD, Hendry JH. **Fractionation in radiotherapy.** *Taylor and Francis, London; 1987.*
- [473] Fowler JF. **The linear-quadratic formula and progress in fractionated radiotherapy.** *Br J Radiol* 1989; 62: 679-94.